

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ЗАПОРОЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ**

Украинец Н.А.

ГОРОДСКИЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

Конспект лекций для студентов специальности 7.092601

«Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения

Запорожье
2003

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ЗАПОРОЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ**

ГОРОДСКИЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

Конспект лекций для студентов специальности 7.092601

«Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения

Рекомендовано к изданию на
заседании кафедры ВВ,
протокол № от

Запорожье
2003

Городские инженерные сети. Конспект лекций для студентов специальности 7.092601 «Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения / Составитель Н.А. Украинец. - Запорожье: Издательство ЗГИА, 2003.

- с.

Составитель:

Н.А. Украинец – канд.техн.наук, доцент

Ответственный за выпуск –

заведующий кафедрой ВВ доц. В.И. Сокольник

Подписано к печати

Формат Бумага печатная №
Услов.печат.арк. Тираж экз.
Заказ №

Отпечатано типографией

Запорожской государственной инженерной академии

с оригинал-макета автора

69600, г. Запорожье, пр. Ленина, 226, РИО

ЗГИА

Тел.601-240

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение.....	
Тема 1. Общие сведения о городских инженерных сетях и коллекторах	
Часть 1. Водоснабжение	
Тема 1.1 Общие сведения о водоснабжении	
Тема 1.2 Наружные водопроводные сети	
Тема 1.3 Устройство сетей и сооружения на них	
Часть 2. Водоотведение	
Тема 2.1 Общие сведения о водоотведении	
Тема 2.2 Особенности проектирования сетей водоотведения	
Тема 2.3 Устройство канализационной сети и сооружения на ней	
Часть 3. Теплоснабжение	
Тема 3.1 Общие сведения о теплоснабжении	
Тема 3.2 Расчет тепловых сетей	
Тема 3.3 Устройство тепловых сетей	
Часть 4. Газоснабжение	
Тема 4.1 Общие сведения о газоснабжении городов	
Тема 4.2 Принципы расчета газовых сетей	
Тема 4.3 Устройство газопроводов	
Часть 5. Городские электрические сети	
Тема 5.1 Общие сведения о системах электроснабжения	
Тема 5.2 Некоторые принципы проектирования систем электроснабжения.....	
Тема 5.3 Некоторые особенности устройства электрических сетей	
Часть 6. Телефонные кабельные сети	
Тема 6.1 Особенности трассировки, прокладки и устройства телефонных кабельных сетей	
Часть 7. Размещение подземных сетей на территории населенных мест.....	
Часть 8. Строительство подземных сетей и коллекторов	
Часть 9. Эксплуатация подземных сетей и коллекторов	
Заключение	
Литература	

В в е д е н и е

Курс «Городские инженерные сети» предназначен для развития у студентов представления о городских инженерных сетях как о едином инженерном комплексе, снабжающем город основными видами энергии, водой и отводящем стоки с территории города и от отдельных городских объектов.

Дисциплина читается студентам специальности 7.092601 «Водоснабжение и водоотведение». Это объясняется тем, что в процессе будущей профессиональной деятельности специалистам в области водного хозяйства приходится выполнять работы в зоне действия инженерных сетей другого назначения, о которых производитель работ должен иметь хотя бы общее представление.

Дисциплина состоит из четырех относительно самостоятельных разделов:

- в первом разделе излагаются основные сведения о назначении, структуре систем, роли, особенностях проектирования и устройства отдельных элементов систем водо-, тепло-, газо-, электроснабжения и телефонных сетях;
- во втором разделе рассматриваются общие вопросы размещения подземных сетей на территории населенных мест;
- в третьем разделе рассматриваются некоторые особенности строительства подземных сетей и коллекторов;
- в четвертом разделе приводятся некоторые особенности эксплуатации подземных сетей и коллекторов.

Такая структура курса обеспечивает охват основных вопросов, которые могут повлиять на надежность и сохранность работоспособности городских инженерных систем. Кроме того, курс обеспечивает студентам общее знакомство с системами, которые в последующем детально изучаются в специальных курсах.

Тема 1. Общие сведения о городских инженерных сетях и коллекторах

1. Краткая историческая справка о развитии городских инженерных сетей и коллекторов.
2. Виды энергетических и других систем для обслуживания городов.
3. Классификация подземных сетей и коллекторов.

Инженерные коммуникации имеют большое значение для нормальной жизнедеятельности городов и населенных мест. Эти системы возникли, как системы для обслуживания городов. Поэтому они в своем развитии несколько отставали от развития городов. Кроме того, различные системы возникли не одновременно, а следовательно, и развиваться начали в разное время. Раньше других начали развиваться *системы водоснабжения*.

В период расцвета Древней Греции и Рима существовали уже большие **централизованные** системы водоснабжения. Первые сведения об устройстве централизованных городских водопроводов в Европе относятся к XII веку – это водопровод г. Парижа. Сведения об устройстве централизованных водопроводов в Германии относятся к началу XV века. В России централизованные водопроводы начали появляться в XV в. (водопровод Московского Кремля), в XVIII в. (водопроводы Петергофских фонтанов и Царского села), в Украине – конец XIX в. (Одесса, Киев).

Системы канализации начали развиваться значительно позже, что объясняется отличной от водопровода ролью канализации. Хотя еще в Древнем Риме был построен знаменитый канал «клоака максима», который частично используется в современной канализации. Однако централизованные системы канализации начали развиваться значительно позже. В Англии – это начало XIX в., в других странах, включая и Россию – это середина-конец XIX в. В Украине это конец XIX в. (Одесса, Киев) и начало XX в. (Харьков). Основное развитие относится к XX в.

Системы теплоснабжения начали развиваться только в конце XIX – в начале XX в. Это объясняется тем, что они требовали достаточно сложного оборудования и очень энергоемки. Кроме того, они требовали решения ряда научных и практических задач и больших капитальных вложений. Примерно в этот же период начали развиваться и **системы электроснабжения**.

Системы газоснабжения начали развиваться только в XX в., а в бывшем СССР даже в середине XX в. Несмотря на свою «молодость» эти системы развиваются очень бурно, а их роль в развитии общества привела к тому, что уровень их оснащённости оборудованием, системами управления, масштабами многократно превышают системы водоснабжения и канализации, которые начинали развиваться раньше.

В связи с бурным ростом науки и техники неузнаваемо изменилось и подземное хозяйство наших городов. В настоящее время – это сложная система подземных коммуникаций, требующая для их строительства и эксплуатации высокой квалификации инженерно-технического персонала.

Каждая система выполняет определенную роль и имеет определенные функции. К основным системам, обслуживающим город, относятся:

- системы водоснабжения,
- системы канализации,
- системы теплоснабжения,
- системы газоснабжения,
- системы электроснабжения городов,
- городские телефонные сети.

Система водоснабжения города предназначена для получения и подачи воды на хозяйственно-питьевые, санитарно-гигиенические, поливочные и противопожарные цели города. Для транспортирования воды к местам ее потребления в населенных местах и на промышленных предприятиях служат сети **водоснабжения**.

Система канализации предназначена для сбора, отвода и очистки сточных и дождевых вод населенных мест и промышленных предприятий. При этом роль системы водоотведения выполняется **канализационной сетью**.

Система теплоснабжения предназначена для приготовления теплоносителя, транспорта его к населенным пунктам и промышленным предприятиям, сбора и отвода охлажденной воды. Функция распределения и сбора теплоносителя выполняется **тепловыми сетями**.

Системы газоснабжения предназначены для получения, транспортирования и распределения газа среди потребителей. При этом функции транспортирования газа от источников к потребителям выполняют **газовые сети**.

Системы электроснабжения предназначены для обеспечения электроэнергией зданий города и его предприятий и включают в себя элементы, преобразующие напряжения и токи в энергосистеме, а также элементы для распределения электрической энергии.

Городские телефонные сети обеспечивают оперативную связь жителям города и работникам промышленных предприятий, а также могут использоваться для дистанционной передачи оперативной информации (например, показания датчиков).

Все энергетические системы города включают те или другие сети и коллектора, которые по видам можно разделить на 3 основные группы:

- трубопроводы различного назначения,
- кабельные сети,
- тоннели (общие коллекторы).

К первой группе относятся сети водопровода, канализации (разных систем), дренажа, теплофикации, газоснабжения, а также специальные сети промышленных предприятий (нефтепроводы, золопроводы, паропроводы).

Ко второй группе относятся сети сильных токов высокого и низкого напряжения (для энергоснабжения), сети слабого тока (телефонные, телеграфные, радиовещания и пр.).

К третьей группе относятся тоннели (коллекторы), служащие только для размещения кабелей, а также общие коллекторы для размещения сетей разного назначения.

В зависимости от основного функционального назначения сети делятся на:

- транзитные или магистральные (предназначенные для распределения продукта или энергии по территории города или между промышленными предприятиями);
- разводящие сети (предназначенные для распределения продукта или энергии, полученных из магистральных сетей, между более мелкими потребителями, например, между кварталами);
- внутриквартальные или дворовые сети, которые обслуживают отдельные здания, размещенные в квартале.

Каждая из этих сетей имеет частную классификацию, которая определяется ее назначением и условиями работы.

Часть 1. Водоснабжение

Тема 1.1 Общие сведения о водоснабжении

1. Системы и схемы водоснабжения.
2. Нормы и режим водопотребления.
3. Напоры в водопроводных сетях.
4. Источники водоснабжения и водозаборные сооружения.
5. Очистка воды и очистные сооружения.
6. Насосные станции.
7. Напорно-регулирующие устройства.

Система водоснабжения – это комплекс инженерных сооружений для забора воды из источника, ее очистки, хранения, создания требуемого напора, транспортировки к месту потребления и распределения воды между потребителями.

Системы водоснабжения классифицируются по следующим признакам:

1. По роду обслуживаемых объектов:

- 1.1 Водоснабжение населенных мест (городов и поселков).
- 1.2 Сельскохозяйственные водопроводы.
- 1.3 Системы производственного водоснабжения, которые различают по отраслям промышленности (водопроводы тепловых электростанций, водопроводы металлургических заводов, водопроводы ж.д. транспорта и т.д.).
- 1.4 Групповые водопроводы.

2. В зависимости от выполняемых функций:

- 2.1 Хозяйственно-питьевые.
- 2.2 Производственные.
- 2.3 Противопожарные.
- 2.4 Комбинированные.

3. В зависимости от того, как необходимые функции выполняются:

3.1 Единые системы.

3.2 Раздельные системы.

3.3 Комбинированные системы.

4. В зависимости от количества обслуживаемых объектов.

4.1 Местные системы для отдельного объекта.

4.2 Групповые – для ряда объектов, не составляющие одного комплекса.

5. В зависимости от используемых источников:

5.1 Водопроводы, получающие воду из поверхностных источников (речные, озерные и т.п.).

5.2 Водопроводы, получающие воду из подземных источников.

5.3 Водопроводы смешанного питания.

6. В зависимости от способа подачи воды:

6.1 С механической подачей воды (с помощью перекачки воды насосами).

6.2 Самотечные (гравитационные).

7. В зависимости от срока службы:

7.1 Постоянные системы.

7.1 Временные системы.

8. В зависимости от размещения элементов водопроводной системы:

8.1 Наружные водопроводы.

8.2 Внутренние водопроводы.

9. Системы противопожарного водопровода в зависимости от давления в них бывают:

9.1 Низкого давления, у которых напор для тушения пожара создается передвижными установками.

9.2 Высокого давления, в которых напор создается стационарными насосами, установленными на насосной станции.

10. В зависимости от того, как поддерживается высокое давление, различают противопожарные системы:

10.1 С постоянным высоким давлением.

10.2 С высоким давлением, создаваемым только при пожаре.

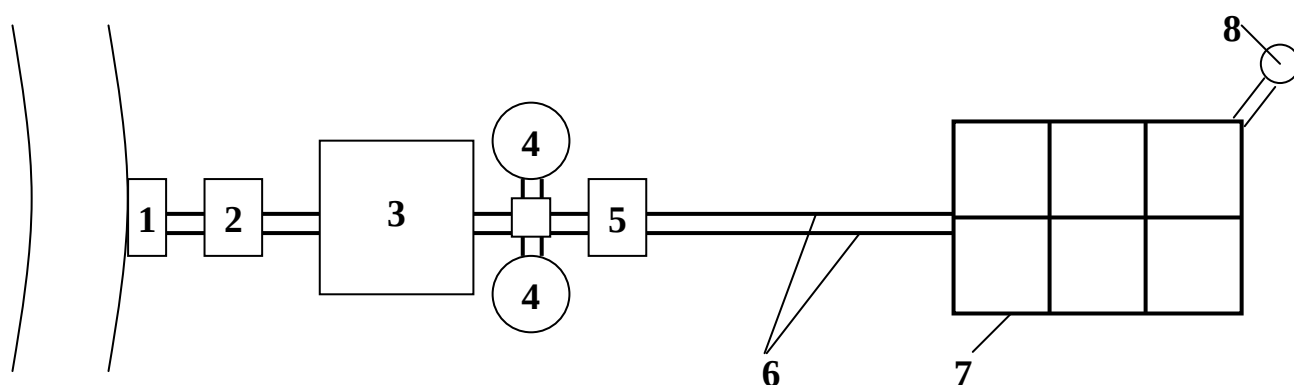
11. Производственные водопроводы по способу использования воды бывают:

11.1 Прямоточные.

11.2 Обратные.

11.3 С повторным использованием воды.

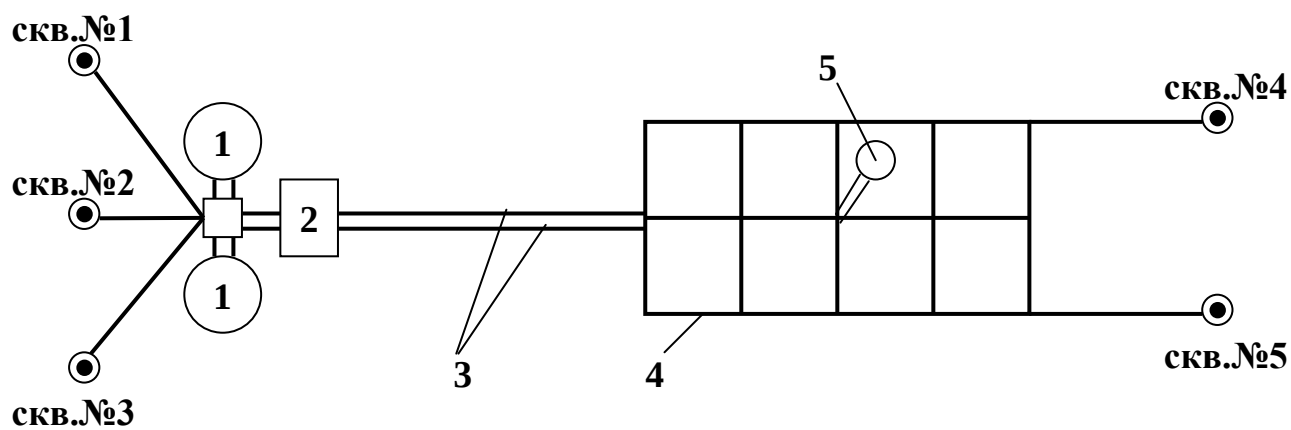
Классическим примером системы водоснабжения является система водоснабжения города из поверхностного источника (рис.1).



- 1 – водозабор,
- 2 – насосная станция I подъема,
- 3 – очистные сооружения,
- 4 – резервуары чистой воды,
- 5 – насосная станция II подъема,
- 6 – водоводы,
- 7 – водопроводная сеть,
- 8 – водонапорная башня.

Рисунок 1 – Схема системы водоснабжения города из поверхностного источника

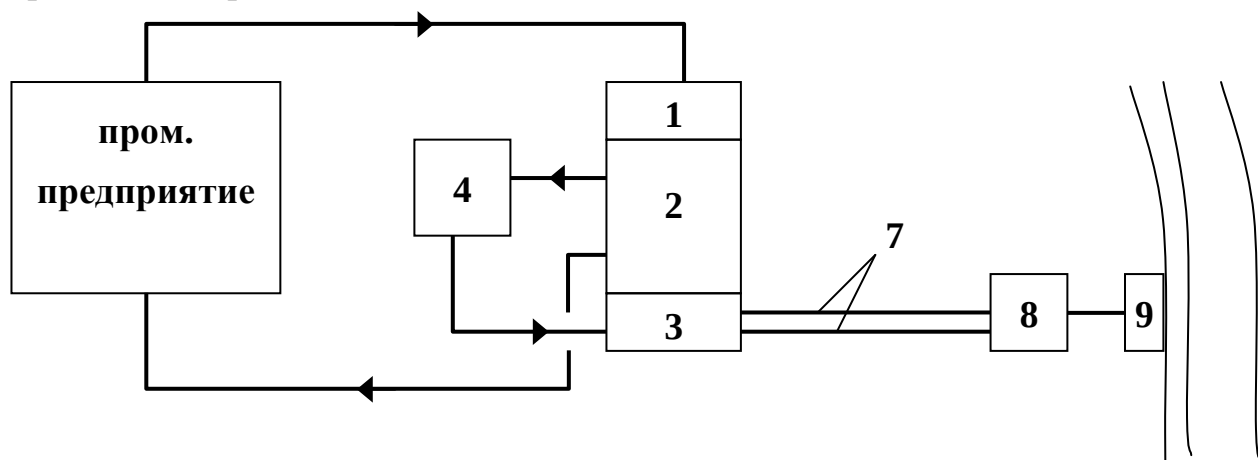
Схема системы забора воды из подземного источника приведена на рис.2.



- 1 – резервуары чистой воды,
 2 – насосная станция II подъема,
 3 – водоводы,
 4 – водопроводная сеть,
 5 – водонапорная башня.

Рисунок 2 – Схема системы водоснабжения города из подземного источника

Схема системы оборотного водоснабжения для промпредприятия приведена на рис.3.



- 1 – резервуар нагретой воды,
 2 – насосная станция оборотной системы,
 3 – резервуар охлажденной воды,
 4 – сооружения для охлаждения воды,
 5 – трубопроводы охлажденной воды,
 6 – трубопроводы нагретой воды,
 7 – водоводы подпиточной воды,
 8 – насосная станция,
 9 – водозабор.

Рисунок 3 – Схема системы оборотного водоснабжения промпредприятия

Состав и схема системы водоснабжения зависит от многих факторов: источника водоснабжения, рельефа местности, количества и видов потребителей, их требований к расходу, качеству воды и необходимым напорам.

От состава системы в конечном счете зависит ее стоимость и распределение ее между элементами.

Стоимость отдельных элементов водопровода в % от общей стоимости системы, характеризуется данными, приведенными в табл.1.

Таблица 1 – Стоимость элементов систем водоснабжения (в % от общей стоимости)

Источники водоснабжения	Водозаборные сооружения	Насосные станции	Очистные сооружения	Напорно-регулирующие устройства	Водоводы и сети	Вспомогательные сооружения
Поверхностные	2...4	3...5	12...25	1...4	50...70	8...10
Подземные	5...10	2...5	5...20	2...5	60...80	8...10

Размеры отдельных сооружений зависят от расчетных расходов системы, режимов работы отдельных элементов и системы в целом, а также от режима водопотребления.

Для проектирования этих характеристик необходимо иметь некоторые исходные характеристики, которые устанавливаются СНиПом (СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения).

Расчетные расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды определяются на основании *удельного водопотребления* в л/(сут×чел), которое зависит от различных факторов. Анализ реального водопотребления и его динамики показывает, что наибольшее влияние на удельное водопотребление оказывает *санитарно-техническое оборудование зданий*. При этом средние расходы в течении года остаются достаточно стабильными. Это дало основание нормировать удельное водопотребление в следующих размерах (табл.2).

Таблица 2 – Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах на одного жителя, среднесуточное (за год), л/сут
1. Застройка зданиями с водопользованием из водоразборных колонок.	30...50
2. Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией:	
2.1 без ванн	125...160
2.2 с ваннами и местными водонагревателями	160...230
2.3 с централизованным горячим водоснабжением	230...350

На основании удельного водопотребления можно легко определить средний суточный расход воды за год $\overline{Q_{сут}}$ на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте:

$$\overline{Q_{сут}} = q_1 \times N / 1000 ,$$

где q_1 – удельное водопотребление, принимаемое по табл.2,

N - расчетное количество жителей в населенном пункте или его районе.

Реальные суточные расходы колеблются относительно среднего суточного расхода. Эти колебания характеризуются коэффициентом суточной неравномерности $K_{сут}$. Поэтому при известном коэффициенте суточной неравномерности реальный суточный расход равен

$$Q_{сут.} = K_{сут} \times \overline{Q_{сут}} .$$

СНиПом устанавливаются значения минимального и максимального коэффициентов суточной неравномерности, которые зависят от уклада жизни населения, режима работы предприятия, степени благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года.

$$K_{сут.макс.} = 1,1...1,3 \quad \text{и} \quad K_{сут.мин.} = 0,7...0,9.$$

На основании суточного расхода определяются средние часовые расходы для конкретных i -ых суток.

Экстремальные (минимальные и максимальные расходы) можно определить, если будут известны коэффициенты часовой неравномерности:

$$\begin{aligned}Q_{\text{ч}} &= K_{\text{ч}} \times \overline{Q_{\text{ч},i}}, \\Q_{\text{ч.макс.}} &= K_{\text{ч.макс.}} \times \overline{Q_{\text{ч},i}}, \\Q_{\text{ч.мин.}} &= K_{\text{ч.мин.}} \times \overline{Q_{\text{ч},i}}.\end{aligned}$$

Коэффициенты часовой неравномерности определяются на основании СНиП 2.04.02-84 в зависимости от количества жителей.

Кроме расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды, учитывают расход воды на поливку улиц и зеленых насаждений, который определяется по нормам полива на 1 м^2 или на 1 жителя.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих за время их пребывания на промышленных предприятиях учитывается дополнительно на основании удельных расходов на одного работающего и количества работающих.

Расходы воды на производственные (технические) нужды промышленных предприятий определяются технологическим процессом каждого производства или типом установленного оборудования и аппаратуры. В общем случае они могут быть определены по формуле:

$$Q_{\text{пр.}} = q_{\text{пр.}} \times П,$$

где $q_{\text{пр.}}$ – удельный расход воды на единицу выпускаемой продукции;

$П$ - суточная производительность предприятия.

Общий суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды города равен:

$$Q_{\text{Г.}} = \sum_{i=1}^4 Q_i,$$

где Q_i – расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города на поливку, хозяйственно-питьевые нужды промпредприятия, производственные нужды предприятия соответственно:

Город должен обеспечиваться также водой на нужды пожаротушения. Принцип нормирования расхода воды, предназначенной для пожаротушения, существенно отличается от принципа нормирования расходов воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. Тушение водой пожаров как наружных, так и внутренних при современных средствах пожаротушения предусматривается с помощью водяных струй. Для забора воды из сети на наружных водопроводных сетях устанавливаются пожарные гидранты, а на внутренних – пожарные краны.

СНиП нормирует в зависимости от этажности и количества жителей количество одновременных пожаров и расчетный расход на одну пожарную струю. Расчетные расходы воды для пожаротушения на промышленных предприятиях находятся в зависимости от степени огнестойкости зданий, категории производств по пожарной опасности и объема цехов.

Для проектирования и эксплуатации систем водоснабжения надо знать не только расход воды в отдельные характерные часы, но и расходы в каждый час суток. Это необходимо знать, чтобы запроектировать режим работы насосных станций и определить необходимый объем регулирующих емкостей. Основой для построения режима водопотребления города служат режимы водопотребления на рассмотренные выше нужды. Такие режимы получают, обрабатывая реальные графики расходования воды. Группируя режимы водопотребления на различные нужды по определенной методике, получают график режима водопотребления для города в целом. Такой график изображают в виде ступенчатого графика (рис.4). При этом для исключения размерности обычно расходы воды в каждый час представляют в % от суточного расхода.

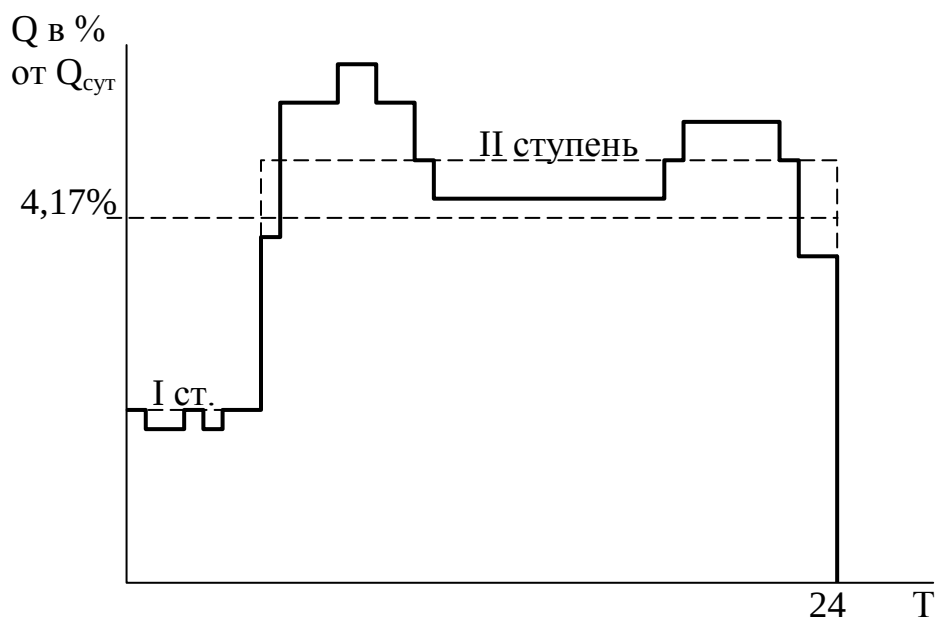


Рисунок 4 – Совмещенный ступенчатый график водопотребления и подачи воды насосной станцией II подъема при различных режимах работы

Этот график позволяет спроектировать график подачи воды насосной станцией II подъема. Если в каждый час подавать столько, сколько требуется для населения, то режим подачи насосной станции совпадает с режимом водопотребления. Однако достичь такого режима подачи невозможно даже теоретически. Поэтому режим подачи насосной станции назначают тоже ступенчатым, но с количеством ступеней не более трех. Эти ступени подачи назначают так, чтобы подача была по возможности ближе к режиму водопотребления. Чем эти графики будут ближе один к другому, тем потребуется меньшая регулирующая емкость, которая нейтрализует такие несовпадения графиков водопотребления и водоподачи. За счет ступенчатой работы насосной станции объем регулирующей емкости удастся уменьшить с 15...20% от суточного расхода до 2...5%.

Водопроводная сеть должна обеспечивать не только подачу требуемых расходов воды, но и обеспечивать необходимые напоры для подъема воды на верхние этажи зданий.

Требуемый напор зависит от количества этажей в здании и определяется по формуле:

$$H_{св} = 4 (n - 1) + 10 = 6 + 4 n,$$

где N – количество этажей.

Для противопожарных сетей низкого давления свободный напор должен быть не меньше 10 м водяного столба. В протипопожарных водопроводах высокого давления свободный напор должен обеспечивать высоту компактной струи не менее 10 м на уровне наивысшей точки самого высокого здания при подаче воды по непрорезиненному рукаву длиной 120 м, диаметром 66 мм, со спрыском диаметром 19 мм и расчетным расходом воды 5 л/с.

Максимальный свободный напор в сети у здания не должен превышать **60 м вод.ст.** При превышении этого давления в зданиях устанавливают регуляторы давления или сеть разбивается на зоны.

Необходимое количество воды для города забирается из источников водоснабжения, которые могут быть поверхностными (реки, озера, водохранилища, моря, пруды) или подземными (напорные и безнапорные пластовые, подрусловые, артезианские, родниковые воды). Для производственных целей промышленных предприятий могут также использоваться очищенные промышленные стоки.

Водозаборы представляют собой гидротехнические сооружения для приема поверхностных или подземных вод и подачи ее в систему водоснабжения. **Водозаборы из подземных источников** могут разделяться по ряду признаков. Но принципиально различными являются два типа: *береговые* и *русловые* водозаборы. Водозаборы берегового типа имеют водоприемные окна у берега, а в водозаборах руслового типа место приема воды вынесено в русло реки.

Водозаборы из подземных источников подразделяются на *вертикальные*, *горизонтальные* и *каптажи*. Такое деление определяется в основном расположением водоприемной части таких водозаборов. Например, типичным представителем вертикального водозабора является трубчатый колодец, схема которого выглядит так, как показано на рис.5.

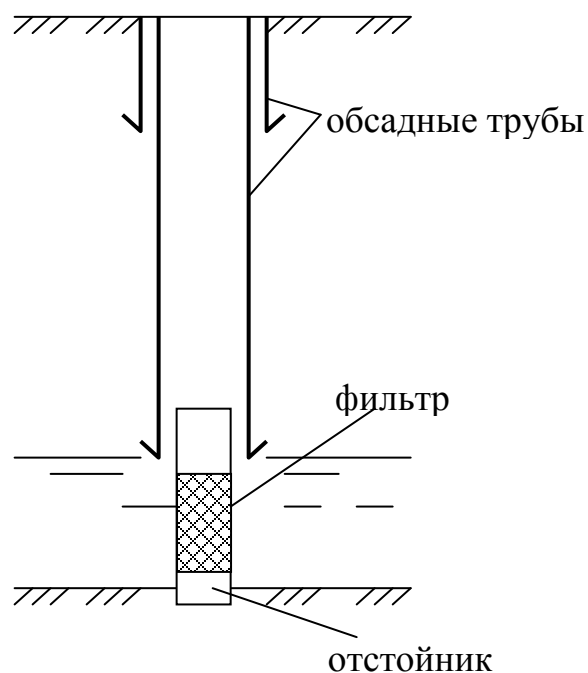


Рисунок 5 – Принципиальная схема трубчатого колодца

Представителем горизонтальных водозаборов являются, например, лучевые водозаборы (рис.6).

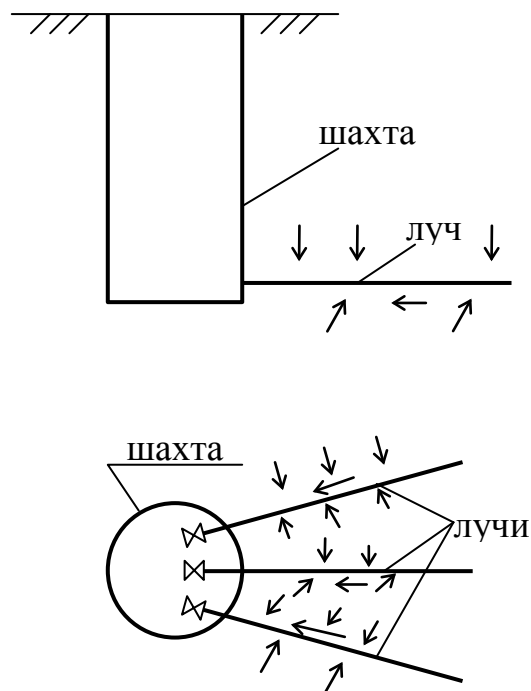


Рисунок 6 – Схема лучевого водозабора

Вода, забираемая из источников, не всегда отвечает требованиям потребителя. Для того, чтобы ее показатели привести в соответствие с

требованиями потребителя, воду надо очистить. Методы обработки воды зависят от вида загрязнений.

Для **осветления** и **обесцвечивания** воды, т.е. удаления из нее взвешенных и коллоидных частиц, применяются главным образом два процесса– **осаждение** и **фильтрование**. Эти процессы могут идти с реагентами и без них. Для осаждения применяются отстойники (горизонтальные, вертикальные, радиальные и полочные), а для фильтрования – фильтры (медленные, скорые, контактные осветлители и т.п.).

Необходимый набор методов обработки объединяется единой технологической схемой.

Таких схем может быть много. Одна из возможных для получения хозяйственно-питьевой воды выглядит так, как показано на рис.7.

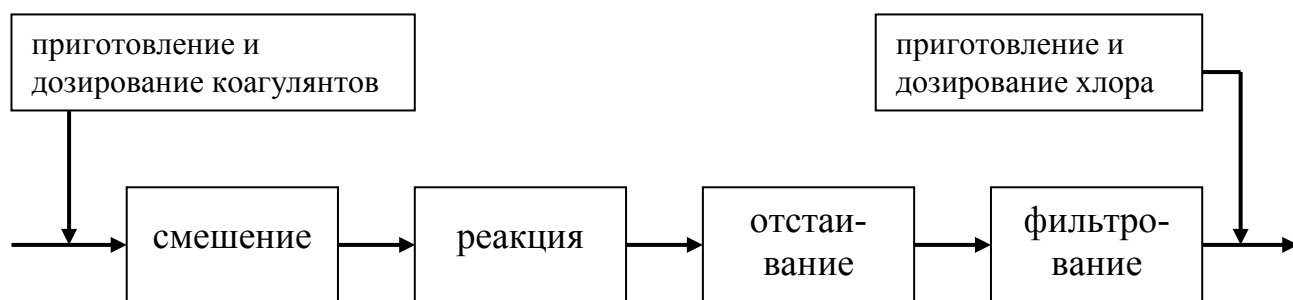


Рисунок 7 – Технологическая схема получения хоз-питьевой воды

Необходимый набор сооружений объединяется в единый комплекс, который для систем водоснабжения города должен находиться, как правило, у водозабора по течению выше города.

Полученная на очистных сооружениях вода поступает в резервуар чистой воды (РЧВ).

Для подъема воды на требуемую высоту используются **насосные станции**. По своему назначению и расположению в общей схеме системы водоснабжения насосные станции подразделяются на станции *первого*, *второго* и *третьего* подъема. В системах промводоснабжения применяются *повысительные* и *циркуляционные* станции.

Особенности водопроводных насосных станций определяются их назначением и производительностью, а также видом и режимом источника водоснабжения, типом и характеристикой основного насосного оборудования и систем привода и т.п.

Основными характеристиками каждой насосной станции является ее **подача** и **напор**. Подача насосной станции определяется режимом подачи, зависящим от типа насосной станции. Обычно насосные станции I подъема работают в равномерном режиме и тогда для них

$$Q_{\text{ч}} = Q_{\text{сут}} / 24 ,$$

где $Q_{\text{ч}}$ – часовая подача насосной станции,
 $Q_{\text{сут}}$ – полная суточная потребность.

Подача насосных станций II подъема зависит от ступени подачи, которые выбираются в зависимости от режима водопотребления. Напор насосов определяется по формуле:

$$H = H_{\text{Г}} + \sum h_{\text{вс}} + H_{\text{св}} + \sum h_{\text{н}} ,$$

где $H_{\text{Г}}$ – геометрическая высота подъема (разность отметок уровней воды у потребителя и в источнике),

$\sum h_{\text{вс}}$ – суммарные потери напора во всасывающем трубопроводе,

$\sum h_{\text{н}}$ – суммарные потери напора в напорном трубопроводе,

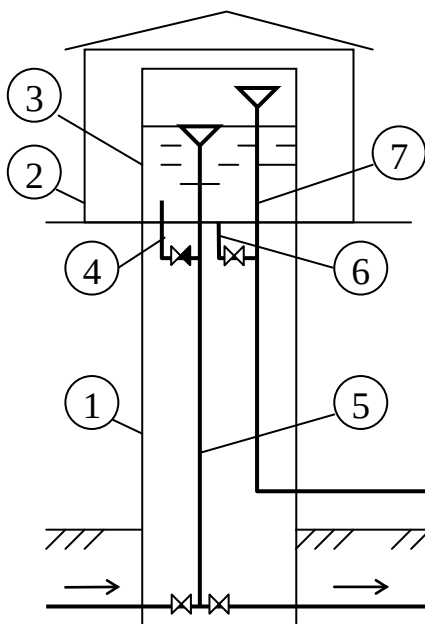
$H_{\text{св}}$ – требуемый свободный напор на излив.

Режим подачи насосных станций зависит от наличия или отсутствия в системе емкостей. Емкости, применяемые в системах водоснабжения, можно классифицировать по следующим признакам:

- по **функциональному** – *регулирующие* (водонапорные башни и колонны, гидропневматические установки), *запасные* резервуары (чистой воды, противопожарные и т.п.) и *запасно-регулирующие*;
- по **способу подачи воды** – *напорные* и *безнапорные*;
- по **конструктивному выполнению** – *водонапорные башни, водонапорные колонны, подземные и наземные резервуары, пневматические установки*;

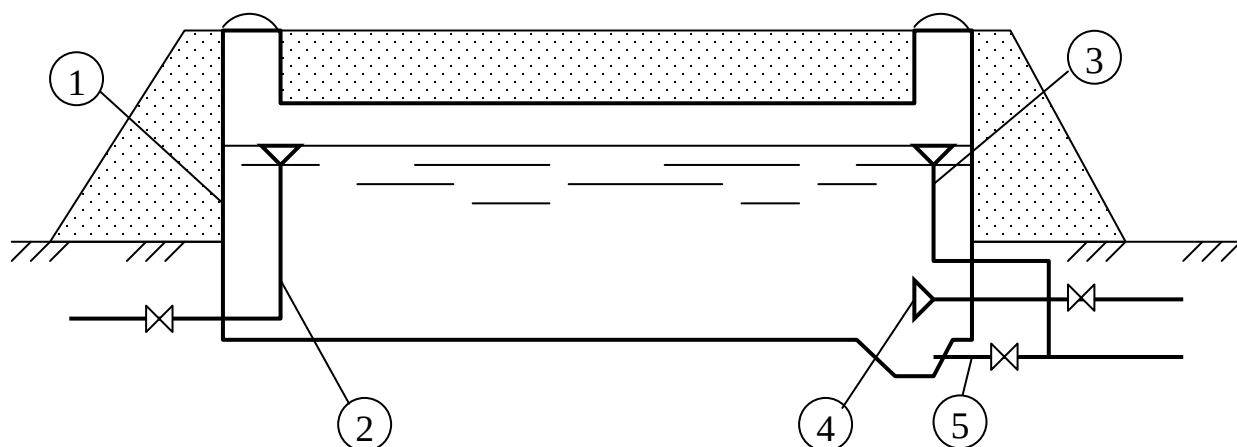
– по **применяемым материалам** – *железобетонные и металлические.*

Регулирующие емкости в системах водоснабжения позволяют «увязывать» между собой элементы системы с разными режимами. Например, равномерную подачу с очистной станции в резервуары чистой воды со ступенчатым отбором насосной станцией II подъема или ступенчатой подачи насосной станции II подъема со случайным разбором воды из сети. Общий вид основных емкостей приведен на рис.8 и 9.



- 1 – ствол башни;
- 2 – шатер;
- 3 – бак;
- 4 – отводящий трубопровод;
- 5 – подающе-отводящий трубопровод;
- 6 – грязевой трубопровод;
- 7 – переливной трубопровод.

Рисунок 8 – Водонапорная башня



- 1 – корпус резервуара;
- 2 – подающий трубопровод;
- 3 – переливной трубопровод;
- 4 – всасывающий трубопровод насосной станции;
- 5 – грязевой трубопровод.

Рисунок 9 – Резервуар чистой воды (РЧВ)

Правильный выбор размеров регулирующих емкостей, их числа и мест расположения в системе водоснабжения имеет большое экономическое значение, так как может привести к снижению строительной стоимости системы в целом, а также улучшить условия ее эксплуатации.

Запасные емкости способствуют повышению надежности и бесперебойности работы системы водоснабжения при отказах в ней.

Тема 1.2 Наружные водопроводные сети

1. Виды водопроводных сетей.
2. Трассировка водопроводной сети.
3. Определение глубины заложения труб.
4. Схема отбора воды из сети и определение расчетных расходов.
5. Особенности гидравлического расчета тупиковых сетей.
6. Гидравлический расчет кольцевых сетей.
7. Методы увязки водопроводных сетей.

По начертанию в плане водопроводные сети делятся на:

- тупиковые или разветвленные (рис.10, а);
- кольцевые (рис.10, б);
- смешанные или комбинированные.

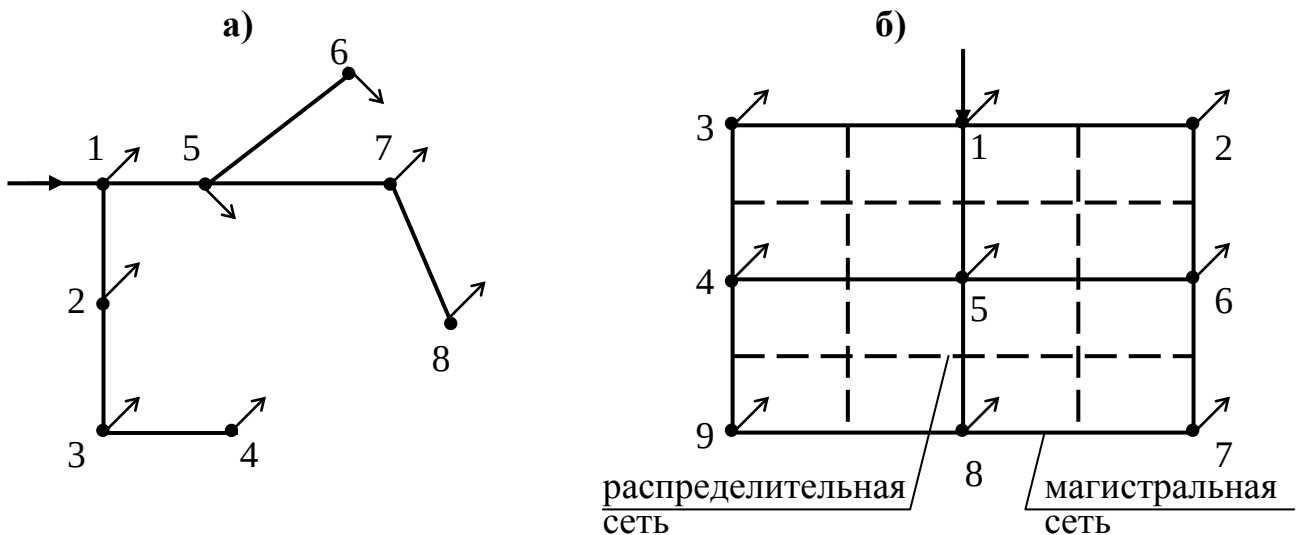


Рисунок 10 – Основные схемы водопроводных сетей

Тупиковая сеть дешевле, но она менее надежна по сравнению с кольцевой. Кольцевая сеть более надежна не только из-за возможности подачи воды к точкам отбора по нескольким направлениям, но и из-за их большей устойчивости по отношению к гидроударам.

Тупиковые водопроводные сети допускаются прокладывать в следующих случаях:

- при подаче воды на производственные цели, если допустим перерыв в подаче воды;
- при подаче воды на хозяйственно-питьевые цели, если диаметр трубопровода не превышает 100 мм;
- при подаче воды на противопожарные или на хозяйственно-противопожарные нужды независимо от расхода воды на пожаротушение, если длина линий не превышает 200 м.

Город обычно имеет единую водопроводную сеть.

Водопроводные сети могут быть *магистральными* и *распределительными*. Магистральные сети обеспечивают распределение основных потоков по территории города, а распределительные сети подают воду к каждому потребителю.

Кроме водопроводных сетей, по территории города могут также проходить водоводы, которые обеспечивают магистральный транспорт воды в определенные точки города. Одной из основных задач, которые приходится решать при проектировании системы водоснабжения города, является рациональная трассировка водопроводной сети, т.е. начертание сетей в плане. При трассировке решается задача увязки направления прокладки их с размером и планировкой территории. Очертание в плане любой сети зависит в основном от следующих факторов:

- конфигурации снабжаемой водой территории;
- планировки объекта (расположение улиц, проездов, парков, рек и т.п.);
- мест расположения на плане наиболее крупных потребителей воды;
- рельефа местности;
- мест расположения используемых источников водоснабжения;
- наличия и расположения естественных и искусственных препятствий.

Обычно трассируется магистральная сеть. Основное направление линий магистральной сети должно соответствовать вытянутой территории города. По главному направлению следует прокладывать несколько магистральных линий, включенных параллельно, что необходимо для обеспечения требуемой надежности системы водоснабжения.

Магистральные линии прокладываются на расстоянии 300...800 м одна от другой и соединяются перемычками с таким же расстоянием между ними. Сеть магистральных линий следует прокладывать равномерно по всей территории города и охватывать всех наиболее крупных потребителей (промышленные предприятия, предприятия коммунального обслуживания и т.п.). В точках отдачи воды предприятиям или различным резервуарам должна быть предусмотрена подача воды не менее, чем по двум линиям.

При выборе трасс магистральных линий необходимо учитывать ряд соображений строительного и эксплуатационного характера и увязывать трассы с размещением других сетей и сооружений подземного хозяйства города.

Для небольших поселков деление участков сетей на магистральные и распределительные сети не производится. Распределительные сети не рассчитываются, а проектируются конструктивно (обычно они проходят по всем улицам).

На территории промпредприятия может быть несколько водопроводных сетей: сеть *хозяйственно-питьевая*, сеть *производственная*, сеть *противопожарная*. В зависимости от требований цехов к качеству воды и к напорам сети могут быть *раздельными* или *едиными*. По начертанию в плане в зависимости от требований надежности сети могут быть как *тупиковыми*, так и *кольцевыми*. При очень высоких требованиях к надежности сети могут быть *дублированными*. Например, системы водоснабжения *домны*.

В ряде случаев на крупных промышленных предприятиях трудно установить границу между наружным и внутренним водопроводом. Сети производственных водопроводов вне и внутри больших цехов часто представляют собой единое целое в отношении их трассировки и расчета.

Водопроводные сети, как правило, прокладываются у земли, хотя при определенных условиях могут прокладываться и выше поверхности земли. Однако в любом случае вода не должна нагреваться или замерзать. Для определения глубины заложения труб необходимо знать расчетную **глубину промерзания h_n** , которая устанавливается на основании многолетних наблюдений за фактической глубиной промерзания в самую холодную и малоснежную зиму. При выборе глубины укладки труб принимается опыт эксплуатации трубопроводов в данном районе, а также возможные изменения наблюдавшейся ранее глубины промерзания в результате намечаемых изменений в состоянии территории (удаление снежного покрова, устройство усовершенствованных мостовых и т.п.). При отсутствии этих данных глубина промерзания определяется теплотехническими расчетами.

Для сетей, имеющих переменный режим работы и небольшие диаметры, теплотехнические расчеты не проводятся. **Глубина заложения трубы** (до низа) $h_{зал}$, принимается на **0,5 м** больше расчетной глубины проникновения нулевой температуры $h_n = h_{t=0^{\circ}C}$.

$$h_{зал} = h_n + 0,5 \text{ м.}$$

Если в трубе транспортируется вода с температурой выше **3°C**, то глубину заложения можно уменьшить.

Минимальная глубина заложения трубопроводов, вызываемая защитой воды от нагревания, принимается не менее **0,5 м** до верха трубы. Во всех случаях укладки трубопроводов в зоне промерзания грунта должны приниматься меры по исключению замерзания арматуры, устанавливаемой на трубах, а также заметного снижения пропускной способности трубопроводов в результате образования наледей на внутренних поверхностях труб. При прокладке трубопроводов в зоне промерзания материал труб и элементов стыковых соединений должен удовлетворять требованиям морозоустойчивости.

Основные характеристики водопроводной сети (диаметры участков, расходы воды и потери напора в них, арматура на сети и др.) определяются на

основе ее расчета. Процесс проектирования водопроводных сетей может быть разделен на три этапа:

1. Подготовка сети к гидравлическому расчету

Этот этап сводится к выбору вида сетей, трассировке водоводов и сетей и составлению их расчетной схемы, выявлению сосредоточенных расходов, определению расчетных расходов участков и их диаметров.

2. Гидравлический расчет водопроводной сети

В результате расчета производится увязка сети, определяются потери напора на участках и свободные напоры в различных точках сети, определяются расходно-напорные характеристики насосов, строятся пьезометрические графики.

3. Конструирование и детализовка водоводов и сети

Этот этап сводится к определению и выбору необходимой арматуры для сети, проектированию узлов и определению размеров колодцев и других сооружений на сети.

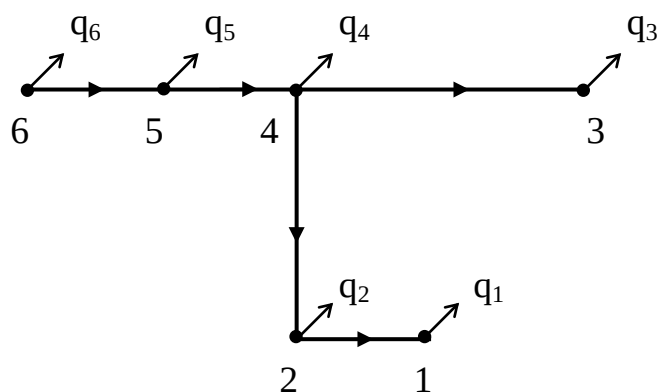


Рисунок 11 – Схема разбора воды из тупиковой сети

Основой для определения диаметров участков являются их расчетных расходы. Если известны расходы в точках отбора из сети, то расходы на участках определяются относительно несложно. В каждом узле суммарный расход, приходящий в узел, должен равняться суммарному расходу,

отбираемому из узла. Тогда, для сети, приведенной на рис.11, расходы будут равны:

$$q_{1-2} = q_1; \quad q_{2-4} = q_2 + q_{1-2} = q_1 + q_2; \quad q_{3-4} = q_3; \\ q_{5-4} = q_4 + q_{3-4} + q_{2-4} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4; \quad q_{5-6} = \sum_{i=1}^5 q_i$$

Исходя из расчетных расходов, определяются диаметры участков и потери напора в них по формуле:

$$h = S_0 l q^2 = S q^2,$$

где S_0 – удельное сопротивление трубы, которое определяется в зависимости от ее диаметра,

S - полное сопротивление участка,

l - длина участка,

q - расход воды по участку.

В конечных узлах пьезометрические отметки определяются по формуле:

$$П_k = H_{св.к.} + Z_k,$$

где Z_k – отметка поверхности земли в k -ой точке,

$H_{св.к.}$ - требуемый свободный напор в k -ой точке.

Пьезометрическая отметка в соседней i -ой точке равна:

$$П_i = П_k + h_{i-k},$$

где h_{i-k} – потери напора на участке $i-k$, а свободный напор в i -ой точке будет:

$$H_{св.i.} = П_i - Z_i.$$

Таким образом, в разветвленной сети определение потерь напора на участках и свободных напоров в узлах не составляет труда.

Сложнее обстоит дело в кольцевой сети. В кольцевой сети можно наметить множество вариантов распределения расходов по участкам сети. Это связано с тем, что вода к каждому участку может поступать различными путями.

Поэтому при расчете кольцевых сетей неизвестными будут и диаметры и расходы участков, что в 2 раза увеличивает количество неизвестных. Для нахождения всех неизвестных необходимо составить количество уравнений,

равное удвоенному количеству участков. Чтобы составить эти уравнения используют законы гидравлики, которые описываются уравнениями, аналогичными законам Кирхгофа в электрических сетях:

- из неразрывности сплошности потока сумма расходов, приходящих к любому узлу, равна сумме линейных расходов, выходящих из этого же узла, т.е.:

$$\sum q_{\text{узн.}} = 0 ; \quad (\text{I})$$

- из условия гидродинамического равновесия в каждом замкнутом контуре сети сумма потерь напора на участках, где движение воды совершается по часовой стрелке, равна сумме потерь напора на участках, на которых вода движется против часовой стрелки, т.е.

$$\sum h_{\text{узн.}} = 0. \quad (\text{II})$$

По первому условию можно составить **m-1** (**m** - количество узлов) уравнений, по второму условию – **n** уравнений.

Общее количество уравнений, которое можно составить при расчете кольцевой сети, равно **m+n-1=p** (такое равенство было доказано теоремой Эйлера о соотношениях числа граней, вершин и ребер выпуклых многогранников). Общее количество неизвестных в кольцевой сети равно **2p**. Таким образом не хватает половины уравнений для строгого решения задачи. Поэтому задача решается методом последовательного приближения. Для этого приходится задаваться половиной неизвестных. Однако при этом не соблюдается либо условие I либо II. Чтобы соблюсти эти условия, необходимо перераспределить предварительно намеченные неизвестные. Это приходится делать несколько раз, пока требуемые условия не будут соблюдены. Так как это работа трудоемкая, то рядом авторов предложены способы такой корректировки, которые получили название методов «увязки». Из таких способов следует отметить следующие методы:

- метод Лобачева-Кросса,
- метод М.М. Андрияшева,
- метод В.П. Сироткина,
- метод А.Е. Белана и др.

Все методы увязки направлены на то, чтобы так перераспределить расходы по участкам, что для каждого кольца будет удовлетворено условие $\sum h_k = 0$. Это приходится делать, так как первоначально расходы по участкам назначаются расчетчиком с соблюдением только условия $\sum q_k = 0$. Делается это введением к предварительно намеченным расходам поправочных расходов, величина которых зависят от того, насколько алгебраическая сумма потерь напора в кольце отличается от нуля. Различные методы отличаются способом определения поправочных расходов, способом их учета и способами оформления промежуточных и конечных результатов. В принципе независимо от того, была ли сеть увязана или нет с пуском в нее воды увязка произойдет автоматически в соответствии с законами гидравлики.

Если увязка сети происходит автоматически, тогда зачем же ее увязывать? Увязка необходима, чтобы знать точные потери напора на участках сети, от которых зависят свободные напоры в узловых точках и напорные характеристики насосов насосной станции II подъема и напорных резервуаров.

Знать узловые напоры необходимо для того, чтобы быть уверенным в том, что он будет достаточным для подачи воды на верхние этажи зданий. Пьезометрические отметки в узлах определяются, исходя из потерь напора на участках. Значение пьезометрической отметки у башни позволяет определить ее высоту, а значение пьезометрической отметки в точке подключения водоводов – напор насосов насосной станции II подъема.

$$H_{\bar{o}} = \Pi_n + h_{n-\bar{o}} - z_{\bar{o}} ,$$

$$H_n = \Pi_1 + h_{1-n} - z_n ,$$

где $H_{\bar{o}}$ – высота башни,

$z_{\bar{o}}$ - отметка поверхности земли у башни,

H_n - напор насосов,

z_n - отметка оси насосов,

Π_n - пьезометрическая отметка в узле подключения водоводов от башни к сети,

Π_1 - пьезометрическая отметка в узле подключения водоводов от насосной станции к сети,

$h_{n-\bar{o}}$ и h_{1-n} - потери в водоводах.

Тема 1.3 Устройство сетей и сооружения на них

1. Виды водопроводных сетей.
2. Трассировка водопроводной сети.

Для устройства водопроводной сети и водоводов используются трубы различных типов и из различных материалов. Применение того или иного типа труб зависит от геологических и климатических условий в районе укладки, от величины напоров в сети, от способа прокладки (подземная в траншеях и каналах, коллекторах, наземная, надземная).

В современной практике строительства напорных водоводов применяются чугунные, стальные, асбестоцементные, железобетонные, пластмассовые, стеклянные и др.

Чугунные трубы в зависимости от толщины стенок и испытательного давления выпускаются трех классов – ЛА, А и Б. Трубы раструбные, диаметрами от 65 до 1000 мм и длиной от 2 до 6 м. Соединения таких труб – *раструбные* и *раструбно-винтовые*. Для соединения чугунных труб между собой под разными углами используются фасонные части такие, как колена, тройники, крестовины, переходы и т.п. Для установки на сетях пожарных гидрантов, которые необходимы для отбора воды на нужды пожаротушения, используются пожарные подставки.

Достоинства чугунных труб:

- большой ассортимент;
- большой срок службы;
- относительная устойчивость против коррозии;
- освоенность строителями.

Недостатки чугунных труб:

- слабое сопротивление динамическим нагрузкам;
- значительный расход металла;
- относительная сложность монтажа труб и узлов.

Стальные трубы выпускаются с гладкими концами под сварку без защитного покрытия. В водопроводах стальные трубы используются для участков, требующих высокой надежности: водоводы, переходы через препятствия и т.п. Они также используются при высоких давлениях. Соединения труб – сварные. Арматура устанавливается на трубах с помощью фланцев.

Достоинства стальных труб:

- большой ассортимент, небольшое количество стыков;
- простота монтажа, малый вес труб;
- большие давления, которые могут воспринимать трубы.

Недостатки стальных труб:

- плохая сопротивляемость коррозии;
- большая металлоемкость.

Асбестоцементные трубы изготавливаются следующих марок: ВТ-6, ВТ-9, ВТ-12, ВТ-15 на давления 0,6; 0,9; 1,2; 1,5 Мпа. Трубы выпускаются с гладкими концами и соединяются с помощью асбестоцементных или чугунных муфт. Трубы выпускаются диаметрами от 100 мм до 500 мм и длиной 2,95 и 3,95 м.

Достоинства асбестоцементных труб:

- малая масса труб;
- высокая сопротивляемость коррозии;
- малая теплопроводность;
- невозможность электрокоррозии из-за диэлектричности труб;
- малая шероховатость и большая пропускная способность;
- дешевизна;

Недостатки асбестоцементных труб:

- малая сопротивляемость ударам и изгибам;
- большая металлоемкость стыков.

Железобетонные напорные трубы в зависимости от величины расчетного внутреннего давления делятся на 3 класса: I - на давление 1,5 МПа, II - на давление 1,0 МПа, III – на давление 0,5 МПа.

Они выпускаются диаметрами от 500 мм до 1600 мм при длине до 5,2 м.

Достоинства труб:

- могут изготавливаться очень больших диаметров;
- большой срок службы из-за коррозионной устойчивости;
- диэлектричность;
- способность сохранять в условиях эксплуатации гладкую поверхность.

Недостатки железобетонных труб:

- большая масса;
- малая длина.

Пластмассовые трубы применяются двух типов: полиэтиленовые и винипластовые. Пластмассовые трубы изготавливаются диаметрами от 10 мм до 630 мм (винипластовые – до 150 мм) на рабочие давления 0,25; 0,6 и 1 МПа. Полиэтиленовые трубы соединяются сваркой с помощью фасонных частей, винипластовые трубы – сваркой с винипластовыми электродами встык. Длина трубы от 6 м до 12 м (малого диаметра - до 150 м). Узлы собираются с помощью фасонных частей (крестовины, тройники, углы, муфты и т.п.).

Достоинства пластмассовых труб:

- малая масса;
- малая шероховатость стенок;
- малая теплопроводность;
- простота обработки и соединения;
- высокая стойкость против коррозии.

Недостатки пластмассовых труб:

- малая теплостойкость;
- старение пластмассы;
- неустойчивость сечения во времени;

– большие температурные удлинения.

Для управления работой сети на ней предусматривается установка запорной арматуры: задвижки, вентили, затворы. Кроме того, для удаления воздуха из сети, защиты ее от гидравлических ударов на сети предусматривается предохранительная арматура (предохранительные, обратные и редуccionные клапаны, вантузы, выпуски).

Задвижки используются для отключения участков сетей диаметром 50 мм и выше, а также при необходимости регулирования в них расхода и давления. При меньших диаметрах труб для тех же целей используют вентили. Для отключения отдельных линий при малых напорах используются затворы.

Предохранительные клапаны и гасители используются для защиты водоводов от гидравлических ударов. Редуccionные клапаны используются для снижения избыточных давлений. Для защиты оборудования от гидравлических ударов используются также обратные клапаны. Для впуска и выпуска воздуха используются соответствующие вантузы. Выпуски используются для опорожнения трубопроводов при ремонтах.

Для разбора воды из сетей на них предусматривается установка водоразборных колонок, если внутри зданий нет водопровода. Для отбора воды из сети при пожарах на них устанавливаются пожарные гидранты.

Вся необходимая арматура на сети устанавливается в круглых колодцах диаметрами 1000 мм, 1250 мм, 1500 мм и 2000 мм или в прямоугольных колодцах размерами 1500×1500, 1500×2000, 2000×2000, 2000×2500, 2500×2500, 2500×3000, 3000×3000, 3000×3500, 3500×3500, 4000×3500, 4000×4000, 4000×4500.

Колодцы устраиваются из железобетона, кирпича, бутобетона и других местных материалов. Любой колодец состоит из *рабочей части* и *горловины* (рис.12).

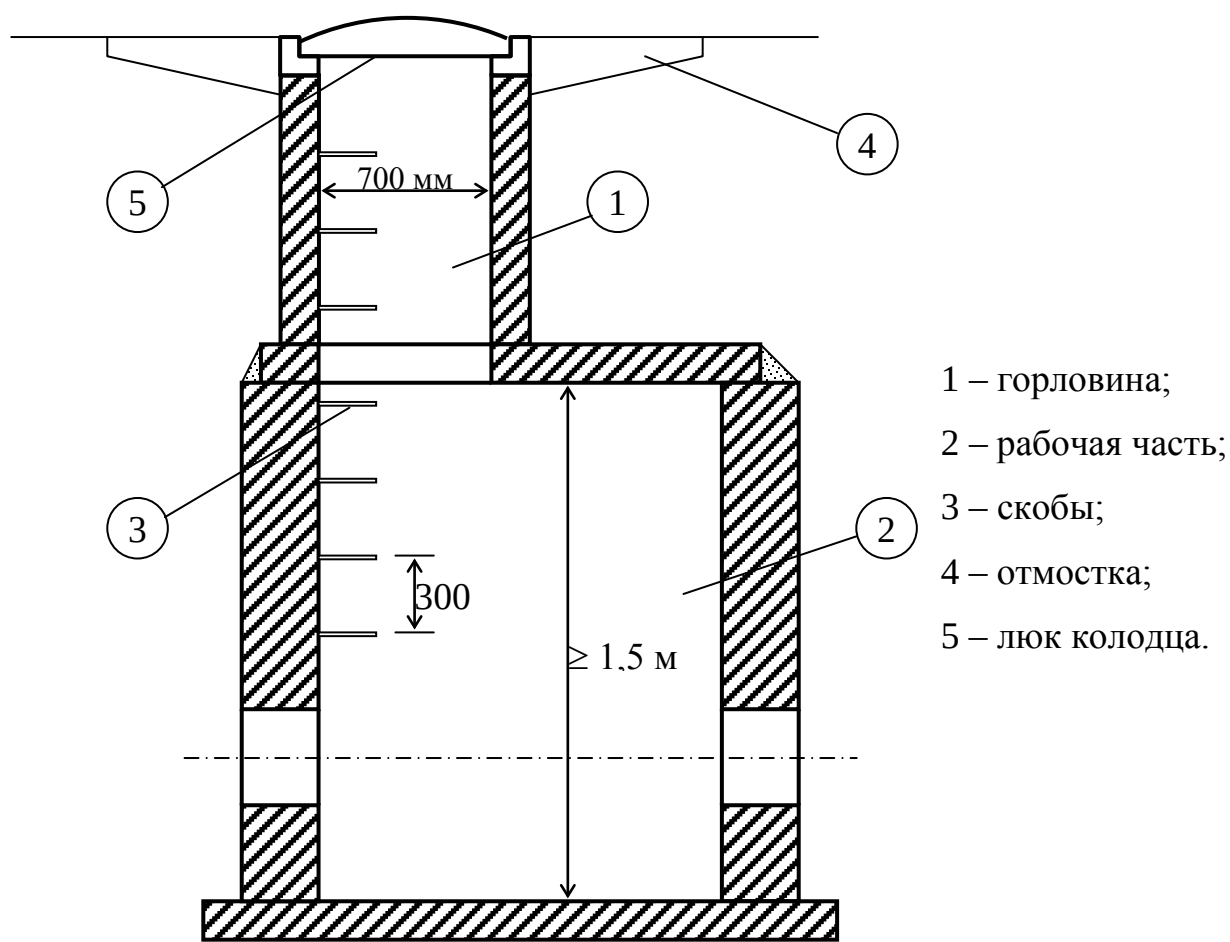
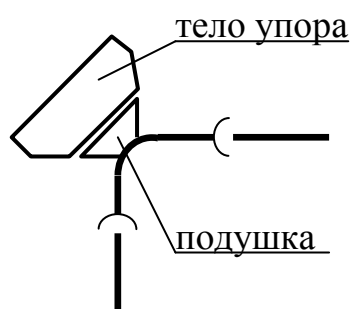


Рисунок 12 – Основные элементы водопроводного колодца

Для спуска в колодец в его горловине и на стенках устанавливают рифленные стальные или чугунные скобы, а иногда – металлические лестницы. Вокруг люков колодцев, расположенных на участках без дорожных покрытий, устанавливаются отмостки шириной до 1 м с уклоном от люков. Люк должен быть выше прилегающей территории на 0,05 м. Люки колодцев на водоводах, прокладываемых по незастроенной территории, необходимо устанавливать выше поверхности земли на 0,2 м.

При изменении направления напорных трубопроводов в горизонтальной и вертикальной плоскостях и на концевых участках возникает усилия, превышающие допускаемые усилия в стыковых соединениях. Для восприятия усилий, возникающих в отдельных точках трубопроводов, устанавливаются упоры (рис.13).



Через автомобильные дороги I и II категории и под железнодорожными путями устраиваются переходы. Основное требование к ним такое, чтобы при аварии на переходе соответствующая дорога не была размыта и ее при ремонте перехода не надо было бы раскапывать.

Рисунок 13 – Упор на повороте

Поэтому переход устраивают из стальных труб, прокладываемых в кожухе, который одним концом должен быть соединен с колодцем, а второй его конец должен быть закрыт (рис. 14).

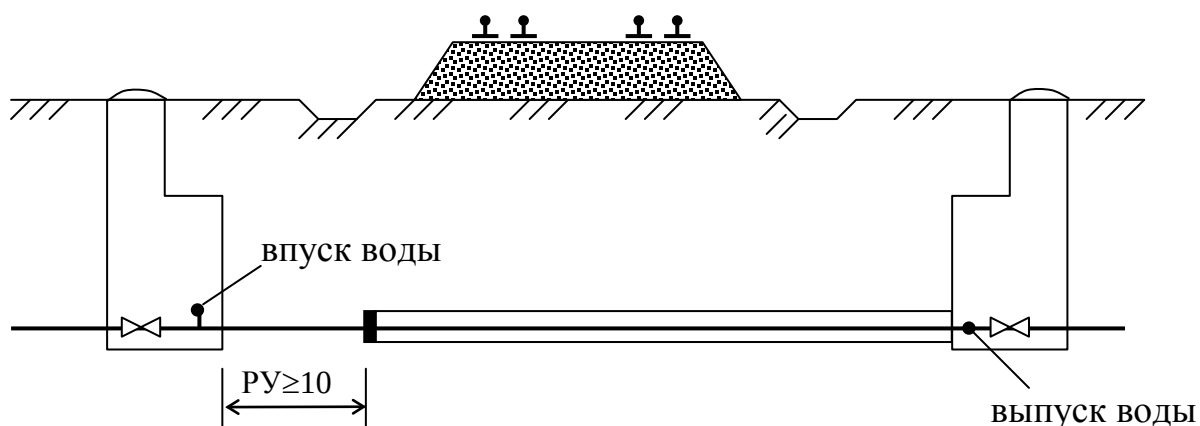


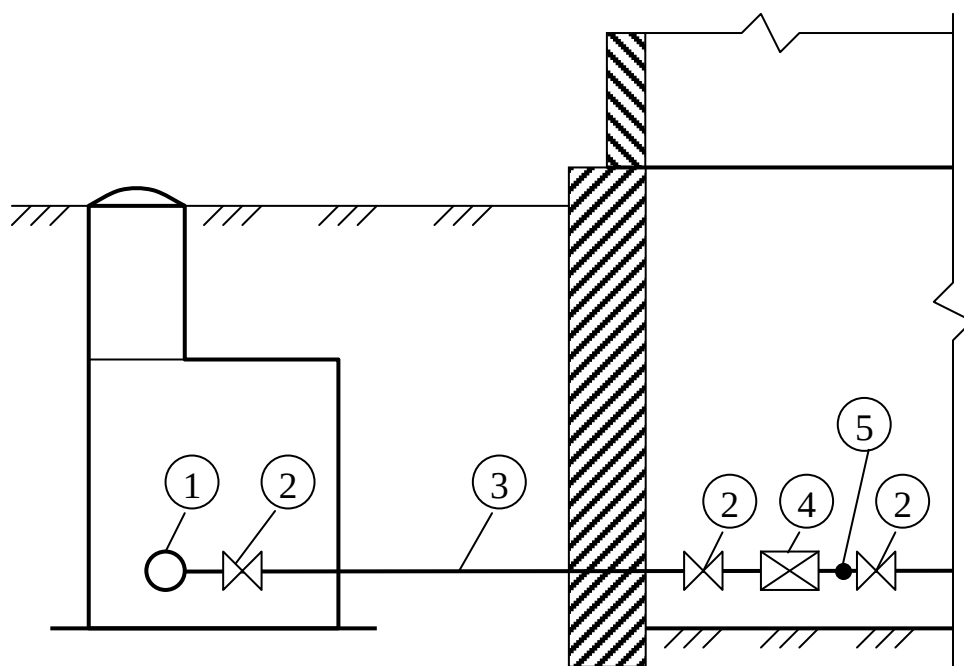
Рисунок 14 – Схема перехода под железнодорожными путями

Переходы под водными преградами устраиваются в две линии из стальных труб. Каждая из этих линий должна иметь возможность быть отключенной и опорожненной.

Через преграды могут также устраиваться надземные переходы. Надземные переходы выполняются в виде подвесок к мостам общего назначения, укладки трубопроводов по специально сооружаемым мостам, опорам и эстакадам, устройств самонесущих арок и «провисающих» нитей. Переходы сооружаются из стальных труб с усиленной антикоррозионной изоляцией. Для защиты от охлаждения в необходимых случаях устраивается тепловая изоляция.

Трубопроводы, пересекающие болота, обычно укладываются по дамбам с основанием из минерального грунта, а иногда по сваям с ростверками и лагами (наземная прокладка). В отдельных случаях допускается прокладка трубопроводов разного назначения в тоннелях и каналах.

Отдельные здания подключаются к водопроводным сетям с помощью вводов (рис.15). Конструкция ввода в здание представляет собой короткий прямой участок трубопровода, соединяющий наружную водопроводную сеть с внутренней водопроводной сетью здания. Ввод обычно состоит из узла присоединения к наружной сети, располагаемого в колодце, трубопровода, соединяющего этот узел с водомерным узлом в здании и водомерного узла с арматурой.



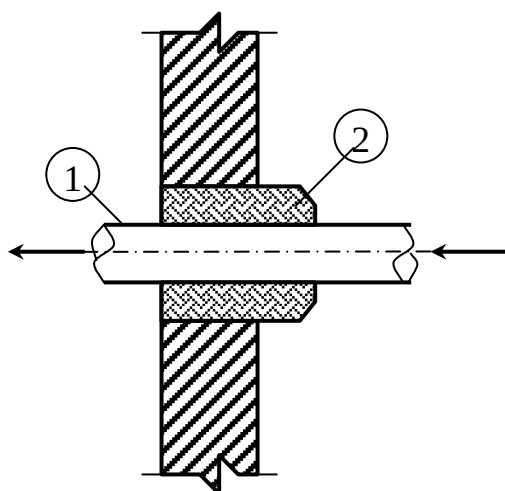
- 1 – городской водопровод,
- 2 – задвижка,
- 3 – ввод,
- 4 – водомер,
- 5 – патрубок для слива воды.

Рисунок 15 – Ввод водопровода в здание

Наиболее ответственной частью во вводе является узел прохода труб через стены. Пропускаемая через стену труба помещается эксцентрично

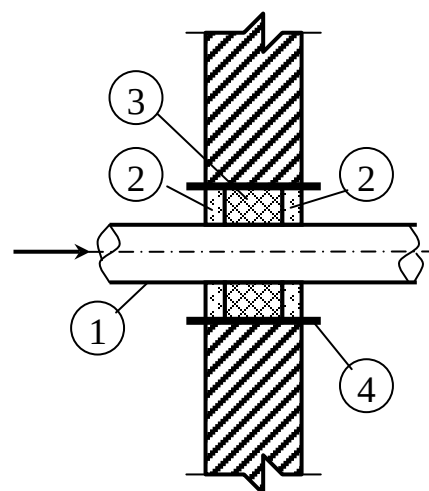
несколько ниже оси отверстия. Размер отверстия в стене делается на 150...200мм больше, чем диаметр трубы. Варианты прохода ввода через стены в различных грунтах приведены на рис.16.

1) в сухих грунтах



1 – трубопровод,
2 – кирпич на глине.

2) во влажных грунтах



1 – трубопровод,
2 – заделка цементным раствором,
3 – войлок,
4 – стальной чехол.

Рисунок 16 – Конструкция прохода ввода через стены

Часть 2. Водоотведение

Тема 2.1 Общие сведения о водоотведении

1. Сточные воды и их классификация
2. Системы и схемы водоотведения.
3. Основные нормы загрязнений в стоках и водоемах.
4. Перекачка сточных вод.
5. Очистка сточных вод.

Водоотведение - это комплекс инженерных сооружений и устройств, служащий для приема и удаления сточных вод за пределы населенных пунктов и промышленных предприятий, а также для их очистки и обеззараживания. Сточные воды, образующиеся в черте населенных мест и на промышленных предприятиях, можно подразделить на три категории:

- 1) бытовые - поступающие от унитазов, раковин, ванн и прочих приборов в жилых, общественных, коммунальных и промышленных предприятиях;
- 2) производственные - образующиеся в результате использования воды в различных технологических процессах производства;
- 3) дождевые (атмосферные) - появляющиеся на поверхности проездов, площадей, крыш и т.д. при выпадении атмосферных осадков и таянии снега.

Сточные воды всех указанных категорий содержат загрязнения органического и минерального происхождения, которые могут находиться в растворенном, коллоидном и нерастворенном состоянии, а также бактериальные загрязнения.

Производственные сточные воды подразделяются на загрязненные и условно чистые (от охлаждения агрегатов). Вещества, загрязняющие производственные сточные воды, разнообразны и зависят от технологии производства. При высокой степени загрязненности производственных сточных вод, а также при содержании вредных веществ они должны быть подвергнуты локальной очистке перед сбросом их в городскую канализацию.

Уровень загрязнения сточных вод характеризуется их концентрацией, т.е. количеством загрязнений в единице объема и выражается в мг/л или г/м³.

Нерастворенные вещества в сточных водах в зависимости от плотности и размеров частиц, а также скорости потока жидкости могут находиться во взвешенном состоянии, волочиться по дну в виде осадков (крупный песок и др.) или всплывать на поверхность потока (жиры, кусочки древесины и др.).

Согласно СНиП 2.04.03-85 общее количество взвешенных веществ в бытовых сточных водах составляет 65 г/(сут×чел), а концентрация загрязнений- 180...500 мг/л.

Степень загрязненности сточных вод и воды водоемов органическими веществами можно установить по количеству кислорода, расходуемого на биохимическое окисление (в присутствии аэробных микроорганизмов) этих веществ за определенный интервал времени. Биохимическую потребность в кислороде (БПК) обычно определяют за 5 или 20 суток (БПК₅ и БПК₂₀). Для бытовых сточных вод $\text{БПК}_5 \approx 0,87\text{БПК}_{20}$. Полное значение БПК должно определяться за 50...100 суток. Однако полное БПК по величине отличается от БПК₂₀ незначительно (на 1...2%). Поэтому $\text{БПК}_{\text{полн}} \approx \text{БПК}_{20}$. От одного человека за сутки поступает с бытовыми сточными водами органических загрязнений по БПК_{полн} 75 г. В осветленной воде (после отстаивания) $\text{БПК}_{\text{полн}}=40\text{г}/(\text{сут}\times\text{чел})$. Концентрация органических загрязнений в неосветленных бытовых сточных водах по БПК₂₀ в зависимости от нормы водоотведения в среднем составляет 200...600мг/л.

Часть органических загрязнений не поддается окислению биохимическим методом и для определения полного количества кислорода, необходимого для окисления всех органических загрязнений сточных вод, используют химические методы окисления и получают химическую потребность в кислороде (ХПК).

В дождевых сточных водах концентрация загрязнений по взвешенным веществам и БПК_{полн} может колебаться в широких диапазонах в зависимости от санитарного состояния и степени благоустройства территории, интенсивности движения транспорта, загрязненности воздушного бассейна и др. факторов. Ориентировочно можно принимать загрязненность дождевых вод в 5...10раз

меньше по БПК_{полн} и в 2...3 раза больше по взвешенным веществам, чем в бытовых сточных водах.

Удаление сточных вод за пределы населенных мест и промышленных предприятий осуществляется по трубам и каналам, как правило, самотеком. Насосные станции для перекачки сточных вод устраивают перед очистными сооружениями или на отдельных участках сети с целью уменьшения глубины заложения самотечных трубопроводов.

В зависимости от того, какие категории сточных вод отводит канализационная сеть, различают следующие системы канализации:

- общесплавную систему,
- раздельную систему,
- полураздельную систему,
- комбинированную систему.

Общесплавная система канализации (рис.17) - это система, в которой сточные воды всех категорий (бытовые, производственные и атмосферные) отводятся за пределы населенных мест одной сетью водоотведения. Так как такая система должна в период дождя отводить большие расходы, то коллекторы общесплавной канализации имеют большие сечения, и стоимость таких систем большая.

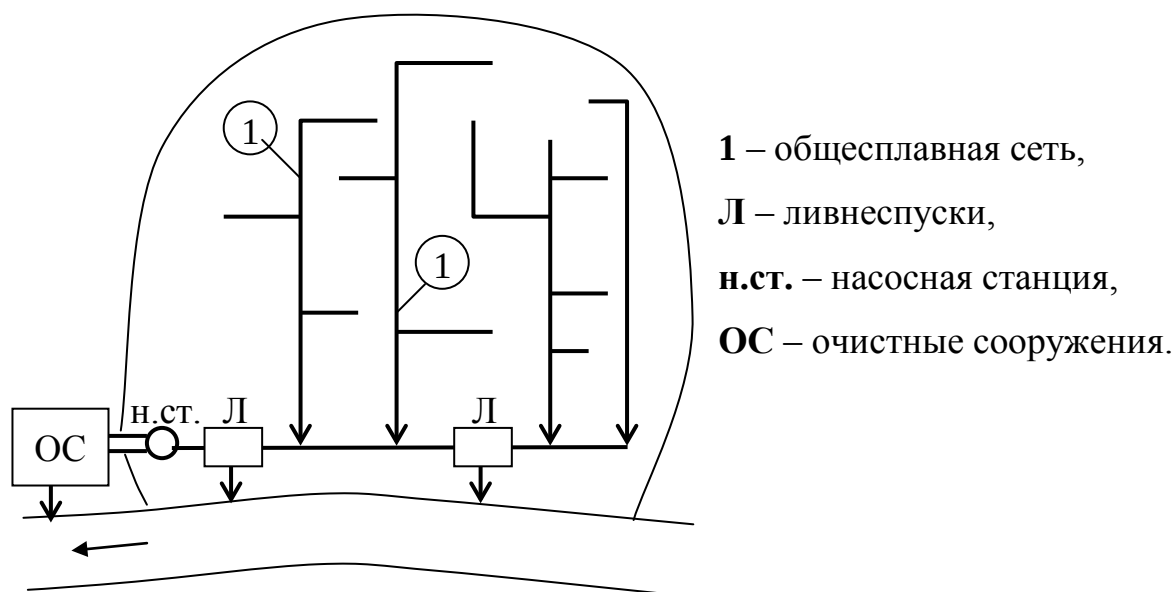


Рисунок 17 – Общесплавная система канализации

Для уменьшения диаметров труб сети, объемов очистных сооружений и мощности насосных станций на главных коллекторах предусматриваются камеры с ливнеспусками и ливнеотводами, через которые часть дождевых вод в смеси с другими сточными водами сбрасываются без очистки в водоемы во время сильных (интенсивных) дождей. При устройстве общесплавной системы водоотведения все сточные воды в сухую погоду и часть их в период дождей поступают на очистные сооружения и после требуемой очистки выпускаются в водоем.

Общесплавные системы водоотведения можно применять в тех случаях, когда будет предусмотрена очистка и обеззараживание смеси сточных вод, отводимых на сброс в водоемы через ливнеспуски.

Раздельная система водоотведения может быть полной и неполной.

При полной раздельной системе (рис.18) прокладываются две самостоятельные сети труб и каналов, из которых одна служит для отведения бытовых и загрязненных производственных сточных вод, а вторая – для отведения дождевых и условно чистых производственных вод.

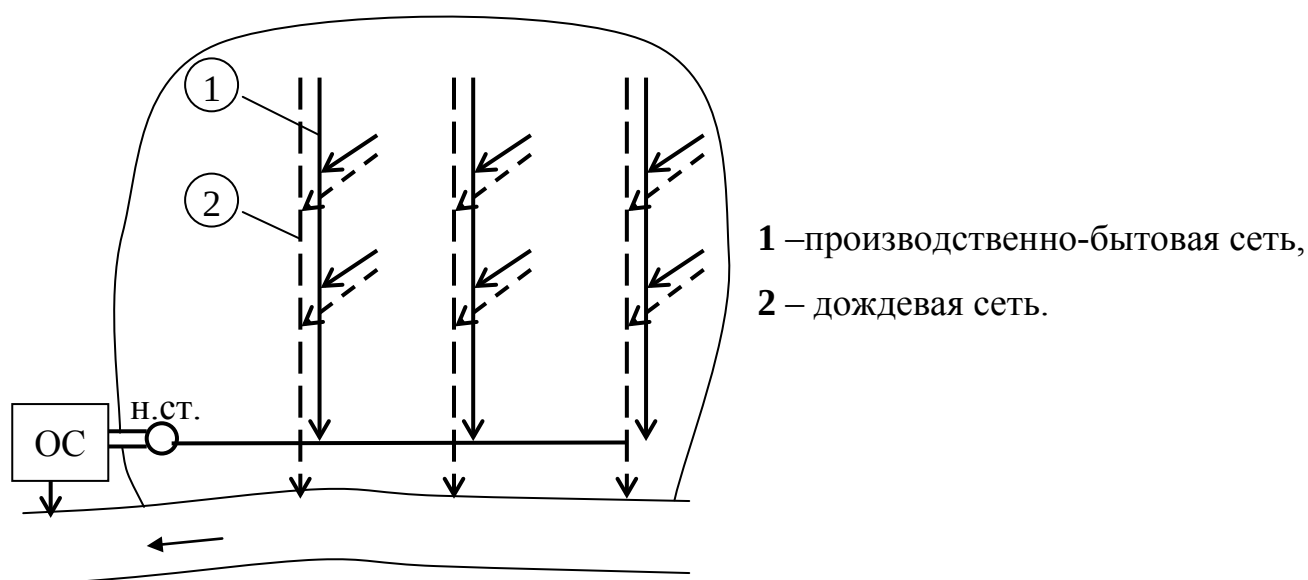


Рисунок 18 - Полная раздельная система водоотведения

Первая сеть называется *производственно-бытовой* или *бытовой*, а вторая- *дождевой*. По бытовой сети сточные воды поступают на очистные сооружения, расположенные ниже города по течению реки.

Дождевые воды по другой сети отводятся по кратчайшему расстоянию в ближайшие водные потоки. В дождевую сеть могут отводиться условно чистые производственные сточные воды.

При *раздельной системе* бытовая сеть, которую строят в первую очередь, имеет диаметр труб и размеры каналов значительно меньше, чем дождевая. Обычно расчетные расходы дождевых вод превышают расходы бытовых вод в несколько раз. В том случае, когда при раздельной системе устраивают только бытовую сеть, а дождевые воды отводятся по открытым лоткам и каналам систему называют неполной раздельной.

Полураздельная система водоотведения (рис.19) предусматривает строительство двух раздельных сетей (производственно-бытовой и дождевой) и перехватывающего общесплавного коллектора, по которому отводятся на очистку все бытовые, производственные и наиболее загрязненная часть дождевых вод.

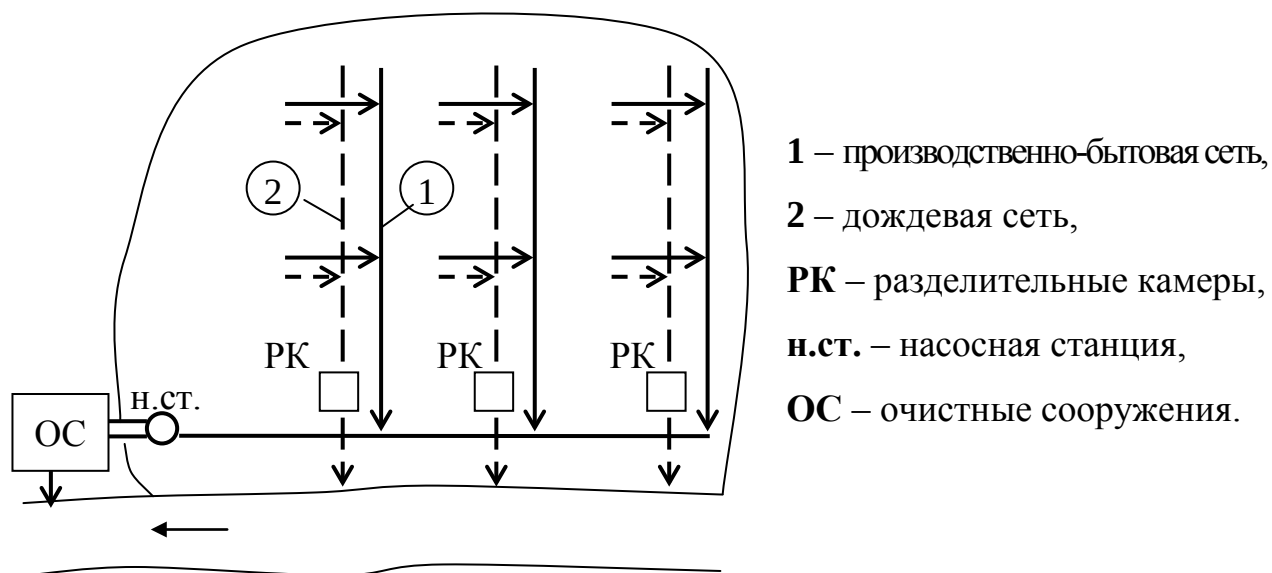


Рисунок 19 – Полураздельная система водоотведения

В местах пересечения дождевой сети с перехватывающим общесплавным коллектором устраивают разделительные камеры, в которых регулируется отведение дождевых вод на сброс в водоемы и на очистку. По конструкции разделительные камеры могут быть аналогичны ливнеспускам общесплавной системы канализации.

Для повышения санитарных показателей полной раздельной системы водоотведения может предусматриваться локальная очистка дождевых вод на выпусках в водоемы или реконструкция этой системы в полураздельную.

Комбинированная система канализации допускает устройство в отдельных районах города различных систем канализации.

Наиболее современна в санитарном отношении полураздельная система, так как в этом случае загрязненные сточные воды всех категорий удаляются за пределы населенного места и подвергаются очистке. Однако такая система очень дорога, так как требует строительства двух сетей и специальных камер. Поэтому широкого распространения она не получила.

Более распространена раздельная система канализации. Она удовлетворительна в санитарном отношении. Ее экономические преимущества состоят в том, что в первую очередь можно строить бытовую сеть, трубы и каналы которой имеют небольшие диаметры, и следовательно, первоначальные затраты в период строительства будут снижены. Только по мере благоустройства территории объекта прокладывается подземная дождевая сеть. До этого момента дождевые воды отводятся так же, как и при неполной раздельной канализации, т.е. поверхностным стоком по лоткам и кюветам.

В систему наружной канализации стоки отводятся из внутренней канализации. В зависимости от состава сточных вод внутреннюю канализацию подразделяют на следующие виды:

- а) *бытовую*, служащую для отведения из здания бытовых сточных вод; в нее иногда спускают и производственные воды, если их количество сравнительно невелико, а качество позволяет спускать их в эту сеть;

б) *производственную*, предназначенную для отведения из цехов производственных сточных вод;

в) *дождевую* (внутренние водостоки), служащую для отведения дождевых вод с плоских крыш жилых, общественных и производственных зданий.

В наружную канализацию стоки поступают из внутренней бытовой канализации, которая состоит из приемников сточных вод (раковин, моек, ванн, унитазов и т.п.), отводных линий, соединяющих санитарные приборы со стояками, которые обеспечивают сбор стоков с этажей и которые в нижней части заканчиваются выпуском, соединяющим стояк в наружными канализационными сетями.

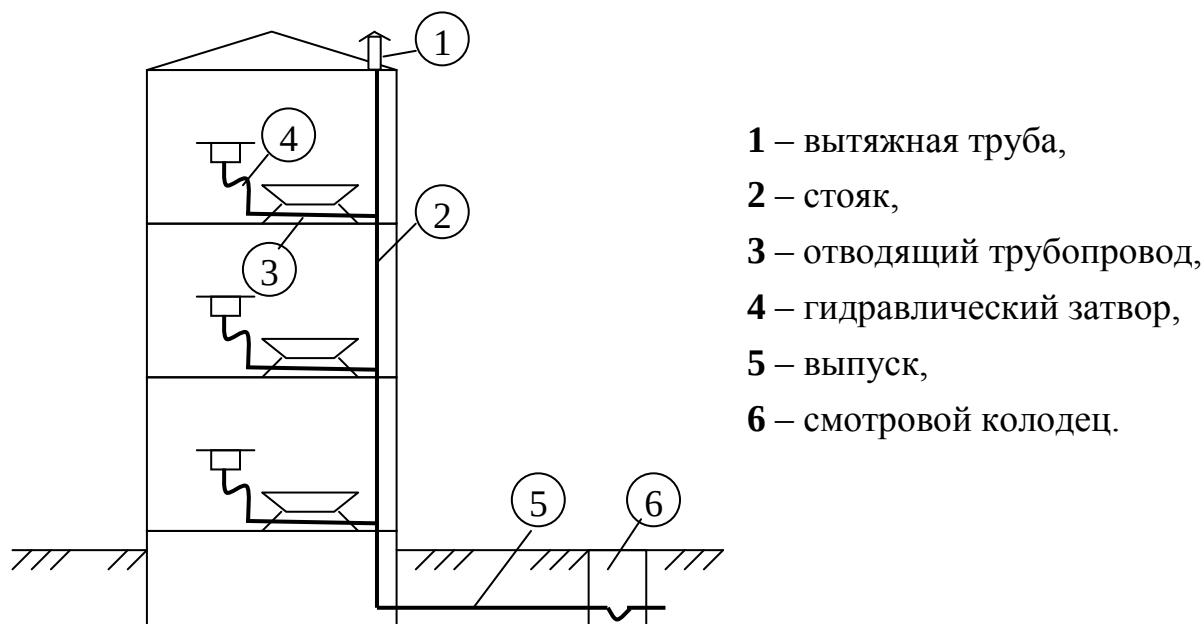


Рисунок 20 – Схема сбора и отвода стоков из здания

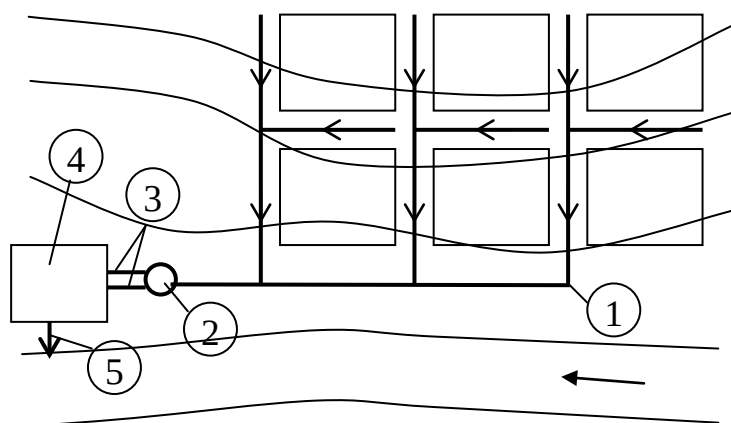
Для того, чтобы загрязненный воздух из канализационной сети не проникал внутрь помещений, все приемники сточных вод должны подсоединяться к внутренним канализационным сетям с помощью гидравлических затворов.

Через внутридомовые стояки осуществляется также вентиляция наружных канализационных сетей. Схемы внутренней производственной

канализации зависят от технологии производства, конструкции установленного оборудования, вида и степени загрязнения сточных вод и т.п.

Внутренние водостоки состоят из водосточных воронок, принимающих воду с крыш, отводных труб, соединяющих воронки со стояками, стояков и выпусков, соединяющих стояки с колодцами на дождевой сети.

Наружные канализационные сети состоят из дворовых (или внутриквартальных) и уличных сетей. Схема канализации населенного пункта (рис.21) определяется рельефом местности, планом застройки территории, гидрогеологическими, санитарными условиями и т.п.



- 1 – самотечные трубопроводы (коллекторы),
- 2 – насосная станция,
- 3 – напорные коллекторы,
- 4 – очистные сооружения,
- 5 – выпуск.

Рисунок 21 – Схема канализации населенного пункта

Схема может быть централизованной, когда все сточные воды города отводятся на одни и те же очистные сооружения и децентрализованной – при устройстве двух и более очистных станций.

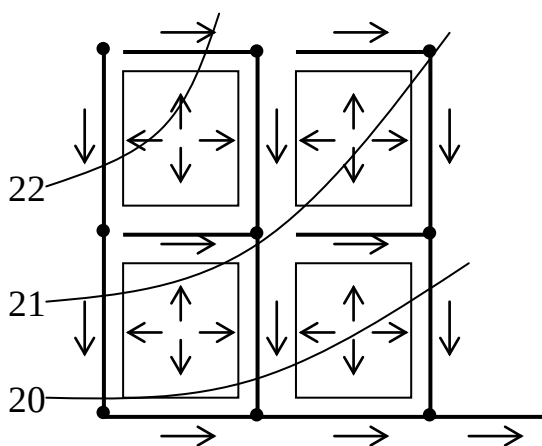
Сточные воды от отдельных кварталов собираются коллекторами, т.е. участками канализационной сети, которые принимают сточные воды от нескольких дворовых сетей. Отдельные коллекторы объединяются в главные

коллекторы или каналы, по которым сточные воды отводятся на очистные сооружения.

Канализационную сеть обычно устраивают самотечной (безнапорной) и проектируют на неполное заполнение. Для движения стоков с необходимой скоростью сеть прокладывают с определенным уклоном. Чтобы канализационные коллекторы не засорялись, скорость движения стоков должна быть самоочищающей. При малых уклонах поверхности земли и большом протяжении сети коллекторы приходится заглублять, что значительно удорожает производство работ. Если глубина прокладки больше 6 м, то целесообразно осуществить подъем стоков на некоторую высоту. Для чего сооружают насосную станцию. Станции перекачки устраивают также в пониженных районах города. Чтобы канализационная сеть была экономичной, она должна трассироваться по определенным правилам. Применяют следующие схемы трассировки:

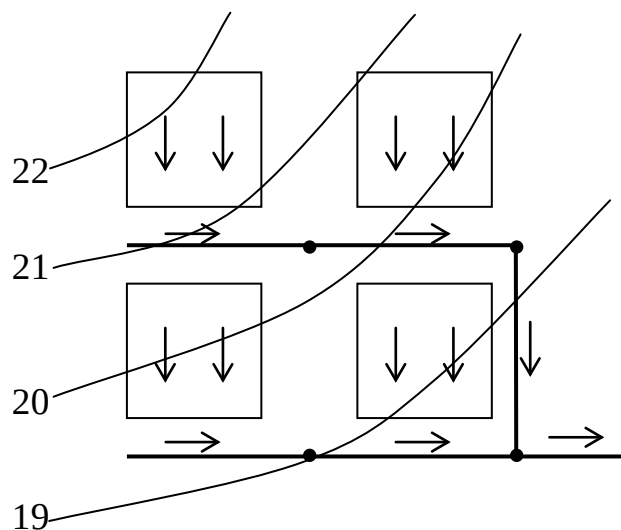
- объемлющая (рис.22),
- с пониженной стороны квартала (рис.23),
- чрезквартальная (внутриквартальная).

При объемлющей схеме канализационную сеть трассируют по проездам, опоясывающих квартал со всех сторон. Трассировку по объемлющей схеме принимают при плоском рельефе местности, отсутствии застройки внутри кварталов и больших размерах кварталов.



Если в кварталах наблюдается выраженное понижение рельефа к какому-то его углу и отвод с квартала возможен в одну сторону, то уличная сеть трассируется по пониженной грани квартала.

Рисунок 22 – Объемлющая схема трассировки сети



При внутриквартальной схеме канализационную сеть прокладывают через кварталы — от вышерасположенных кварталов к нижележащим.

Дождевую сеть при проектировании трассируют из расчета выпуска сточных вод в водоем по наикратчайшему расстоянию.

Рисунок 23 – Схема трассировки с пониженной стороны квартала

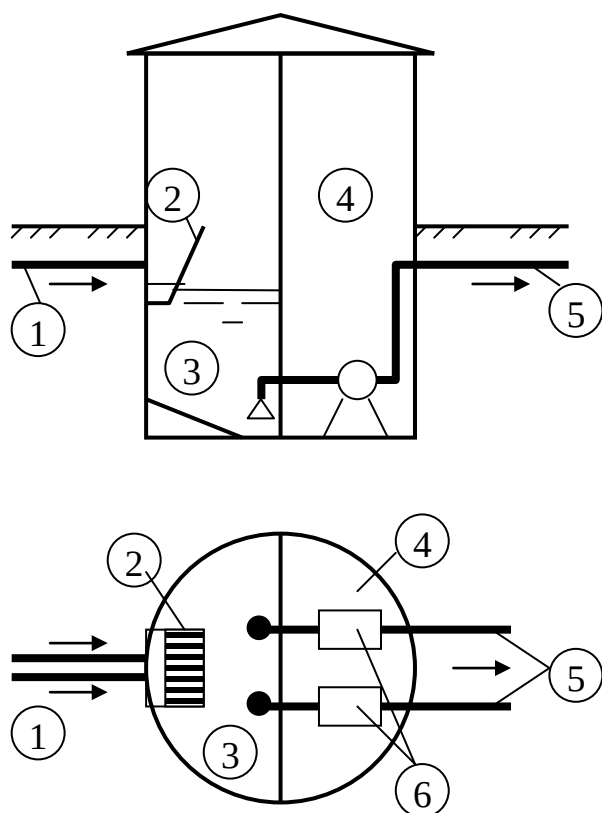
Для перекачки сточных вод на очистные сооружения из заглубленных коллекторов, а также для подъема воды из коллекторов глубокого заложения в коллекторы с меньшим заложением используют канализационные насосные станции (рис.24). В первом случае насосные станции называются главными, а во втором - станциями подкачки (перекачки). По форме в плане станции бывают круглыми и прямоугольными. Круглыми насосные станции устраивают в случае их глубокого заложения, высокого уровня грунтовых вод и сложных по строительным свойствам грунтах. Строят их обычно опускным способом. Прямоугольными, как правило, сооружают станции большой производительности, имеющих сравнительно малое заглубление. Для обеспечения работы насосов при насосных станциях предусматриваются приемные резервуары.

Сточные воды отводятся на очистные сооружения для их очистки. Необходимая степень очистки стоков зависит от уровня загрязнений и от состояния водоема, куда сбрасываются стоки после очистки.

Загрязнения, содержащиеся в сточных водах разных категорий, делятся на:

- грубодисперсные,
- коллоидно-растворенные,
- истинно растворенные.

Они могут быть органического и минерального происхождения. Спуск сточных вод в поверхностные водоемы регламентируется «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами».



- 1 – самотечный коллектор,
- 2 – решетка,
- 3 – приемный резервуар,
- 4 – насосная станция,
- 5 – напорные трубопроводы,
- 6 – насосы.

Рисунок 24 – Канализационная насосная станция

После смешения сточных вод с водой водоема в нем должно содержаться не менее 6 или 4 мг/л растворенного кислорода в летнее время в зависимости от вида водоемов (рыбохозяйственного назначения или хозяйственно-питьевого водопользования); содержание взвешенных не должно увеличиваться более, чем на 0,25 или 0,75 мг/л для водоемов хозяйственно-питьевого или культурно-бытового водопользования соответственно; величина pH должна быть в пределах 6,5...8,5 и др. показатели.

Чтобы эти показатели соблюдались, необходимо снизить уровень загрязнения сточных вод. Для этого используются следующие методы очистки сточных вод:

- механические,
- химические,

- физико-химические,
- биологические.

При механических методах очистки из сточных вод выделяются оседающие и всплывающие вещества. В процессе этой очистки можно задержать до 60...80% нерастворенных загрязнений. Для задержания крупных веществ и отходов служат решетки и сита. Для осаждения твердых частиц главным образом минерального происхождения (песка, гравия) служат песколовки, устанавливаемые после решеток. Основные сооружения для механической очистки – отстойники. В них осаждаются нерастворенные взвешенные вещества как органического, так и минерального происхождения.

Свежий осадок из отстойников имеет сильный неприятный запах и плохо отдает воду. Его обычно отправляют в метантенки для перегнивания, а затем – на обезвоживание и подсушивание (на иловые площадки, вакуум-фильтры, пресс-фильтры, центрифуги, термосушки), после чего осадок может использоваться как сельскохозяйственное удобрение. Имеются также сооружения, в которых совмещается также несколько процессов (двухъярусные отстойники, осветлители-перегниватели, в которых протекает 2 процесса: осаждение взвешенных загрязняющих веществ и их перегнивание).

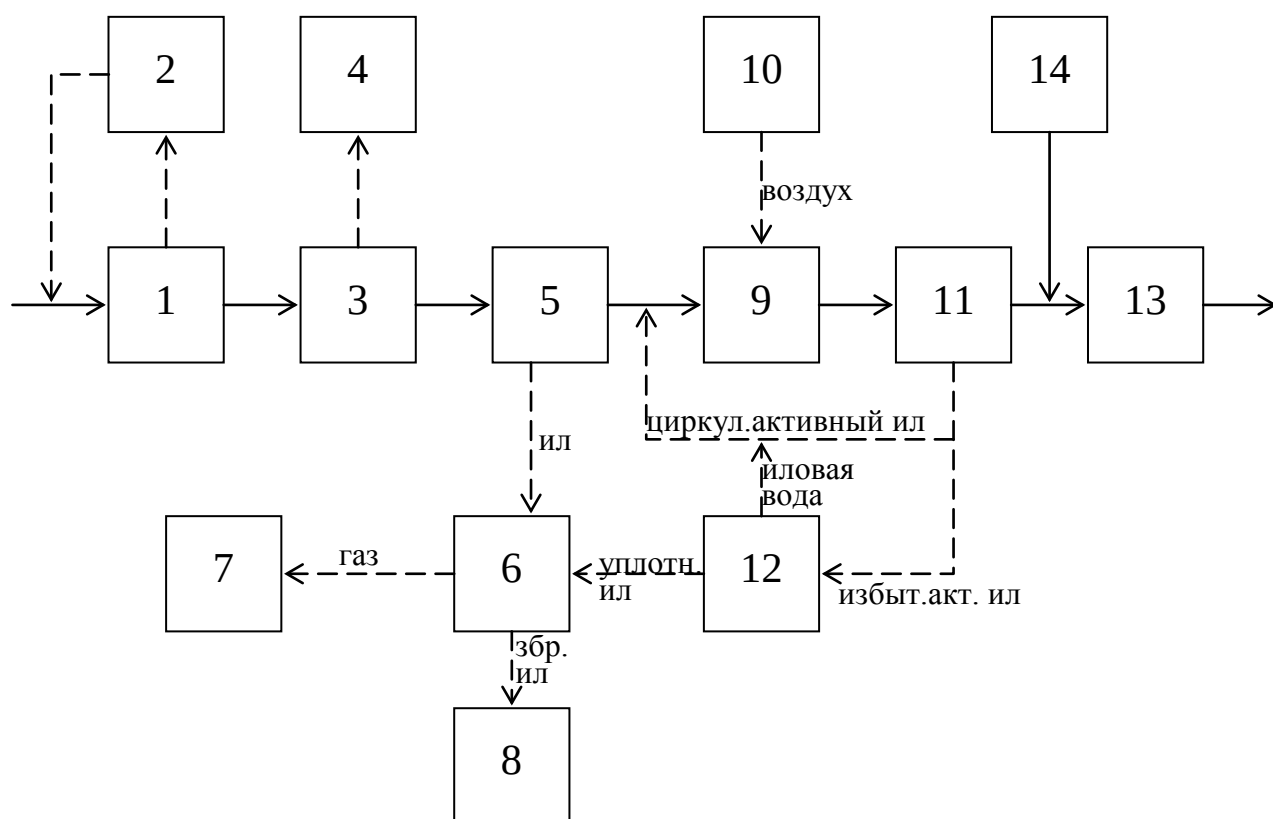
Химические методы основаны на организации процесса коагуляции, который способствует интенсификации процесса осаждения взвешенных веществ. Это позволяет получить эффект осветления до 85 %.

Наиболее распространенными и эффективными являются биологические методы, позволяющие удалять из воды коллоидные, растворенные и взвешенные органические вещества. В результате аэробных биохимических процессов в соответствующих сооружениях происходит минерализация органических веществ. Обычно биологическая очистка используется как 2 ступень очистки сточных вод, в дополнение к механической очистке. Сооружения, служащие для биологической очистки, подразделяются на две группы. К первой группе относятся сооружения, в которых биологическая очистка производится в условиях, близких к естественным (поля орошения,

поля фильтрации, биологические пруды). Ко второй группе относятся сооружения такие, как биологические фильтры, аэротенки. В сооружениях биологической очистки создаются условия для развития аэробных микроорганизмов, которые обеспечивают минерализацию органических веществ, содержащихся в сточных водах. После сооружений для биологической очистки в искусственно создаваемых условиях необходимо из стоков удалять биологическую пленку (после биофильтров) или избыточный активный ил (после аэротенков). Это осуществляется во вторичных отстойниках.

В сооружениях биологической очистки в естественных условиях очистка производится аэробными микроорганизмами, которые развиваются в порах грунта, через который пропускаются стоки. Поля орошения – это специально подготовленные земельные территории, которые одновременно используются для биологической очистки и для агрикультурных целей. Поля фильтрации предназначены только для биологической очистки. При фильтрации сточных вод через грунт в последнем задерживаются загрязняющие эти воды вещества, органическая часть которых под действием аэробной группы микроорганизмов минерализуется. Минерализация наиболее интенсивно протекает в пористых грунтах, куда проникает воздух, содержащий кислород, необходимый для жизнедеятельности бактерий. Основные процессы биологической очистки на этих сооружениях протекают в верхних слоях почвы (до 30 см), полный же процесс завершается на глубине 0,8...1,2 м.

Даже при полной биологической очистке в аэротенках задерживается до 95% бактерий. Для уничтожения всех бактерий очищенные стоки необходимо обеззараживать (дезинфицировать). Обычно для обеззараживания используется хлор с дозой 30 мг/л при одном отстаивании или 10 мг/л после биологической очистки. При этом продолжительность контакта стоков с хлором должна быть не менее 30 мин. Принципиальная схема полной биологической очистки сточных вод выглядит так, как показано на рис.25.



- 1 – решетки,
- 2 – дробилки,
- 3 – песколовки,
- 4 - песковые площадки,
- 5 – первичные отстойники,
- 6 – метантенки,
- 7 – газгольдеры,
- 8 – иловые площадки,
- 9 – аэротенки,
- 10 – компрессорная,
- 11 – вторичные отстойники,
- 12 – илоуплотнители,
- 13 – контактные резервуары,
- 14 – хлораторная.

Рисунок 25 – Схема полной биологической очистки

Очистные сооружения обычно располагают ниже города по течению реки. Между жилой застройкой города и очистными сооружениями предусматривается санитарно-защитная зона, ширина которой зависит от состава очистных сооружений, их мощности, преобладающего направления ветра и других факторов и принимается согласно СНиП 2.04.03-85 не менее 150...400 м.

Тема 2.2 Особенности проектирования сетей водоотведения

1. Нормы и режим водоотведения.
2. Особенности проектирования хозяйственно-бытовой сети.
3. Особенности проектирования дождевой сети.

Расчет элементов системы водоотведения основан на расчетных расходах, которые определяются в соответствии с нормами водоотведения. Нормы водоотведения для населенных мест принимаются равными нормам водопотребления в пределах от 125 до 350 л/сут на одного жителя в зависимости от степени благоустройства зданий. В нормы водоотведения входят все виды потребления воды в городе (в том числе расход воды на бани, прачечные, больницы и пр.) за исключением расходов воды промышленными предприятиями и на поливку улиц, площадей и зеленых насаждений. Нормируются средние за сутки на протяжении года расходы стоков на одного жителя. Однако для расчета канализационных сетей необходимо знать наибольшие и наименьшие расходы за определенные промежутки времени. Для этого пользуются коэффициентами суточной, часовой и общей неравномерности.

$$K_{сут} = Q_{i\text{ сут}} / \overline{Q_{сут}}, \quad K_{час} = Q_{i\text{ час}} / \overline{Q_{час}},$$

где $Q_{i\text{ сут}}$ и $Q_{i\text{ час}}$ – соответственно расход воды в i -ые сутки или в i -ый час, $\overline{Q_{сут}}$ и $\overline{Q_{час}}$ – соответственно средний суточный или часовой расход,

$$\overline{Q_{час}} = Q_{сут} / 24,$$

где $Q_{сут}$ – суточный расход в рассматриваемые сутки.

$$K_{общ} = K_{сут} \times K_{час}.$$

Коэффициенты общей максимальной $K_{gen.max}$ и минимальной $K_{gen.min}$ неравномерности водоотведения нормируются СНиП 2.04.03-85 в зависимости

от среднего секундного расхода, протекающего по сети. При изменении среднего расхода от 5 л/с до 5000 л/с и более максимальный коэффициент общей неравномерности изменяется от 2,5 до 1,44, а минимальный коэффициент изменяется от 0,38 до 0,71.

Для расчета канализационной сети и сооружений на ней, а также для расчета очистных сооружений необходимо знать расчетные расходы – среднесуточный, среднечасовой, максимальный и минимальный секунднй.

Расходы бытовых сточных вод определяют по формулам:

$$\begin{aligned}\overline{Q}_{сут} &= Nq / 1000, \text{ м}^3/\text{сутки}, \\ \overline{Q}_{час} &= Nq / (1000 \times 24), \text{ м}^3/\text{час}, \\ q_{\text{макс.с.}} &= N q K_{\text{общ.макс.}} / (24 \times 60 \times 60), \text{ л/с}, \\ q_{\text{мин.с.}} &= N q K_{\text{общ.мин.}} / (24 \times 60 \times 60), \text{ л/с},\end{aligned}$$

где N – расчетное число жителей,

q - норма водоотведения на одного жителя, пользующегося канализацией, л/сут.

Гидравлический расчет сети проводится на максимальный секунднй расход, который может протекать по участку. Расход по участку сети складывается:

- а) из того расхода, который поступает в него от зданий, присоединенных непосредственно к этому участку (путевой расход),
- б) из расхода, приходящего в начало участка от боковых присоединений в начальном колодце (боковой расход),
- в) из расхода, поступающего в рассматриваемый участок из вышерасположенных участков (транзитный расход).

Для определения этих расходов обычно используется табличный метод.

Чтобы определить полные расчетные расходы необходимо также учесть сосредоточенные расходы от промышленных предприятия, которые определяются, исходя из норм водоотведения на хозяйственно-бытовые, душевые и производственные нужды.

Расчет сети производится после ее трассировки, которую выполняют с учетом рельефа местности и характера застройки города. После трассировки сети намечают расчетные участки (обычно по длине квартала) и производят разбивку территории на площади, тяготеющие к ним. С этих площадей будут поступать сточные воды непосредственно на соответствующие расчетные участки (путевой расход). Для определения этих расходов составляется ведомость средних расходов с площадей стока в форме таблицы.

По величине расчетного расхода назначают диаметр и уклон трубопровода с учетом допустимого наполнения и скорости, а потом определяют глубины заложения сети в начале и в конце каждого расчетного участка сети. Обычно расчет ведут в табличной форме. Глубину заложения уличной канализационной сети допускается принимать меньше глубины промерзания на 0,3 м при диаметрах до 500 мм и на 0,5 м при больших диаметрах трубопроводов. По результатам гидравлического расчета строят продольные профили сети (рис.26).

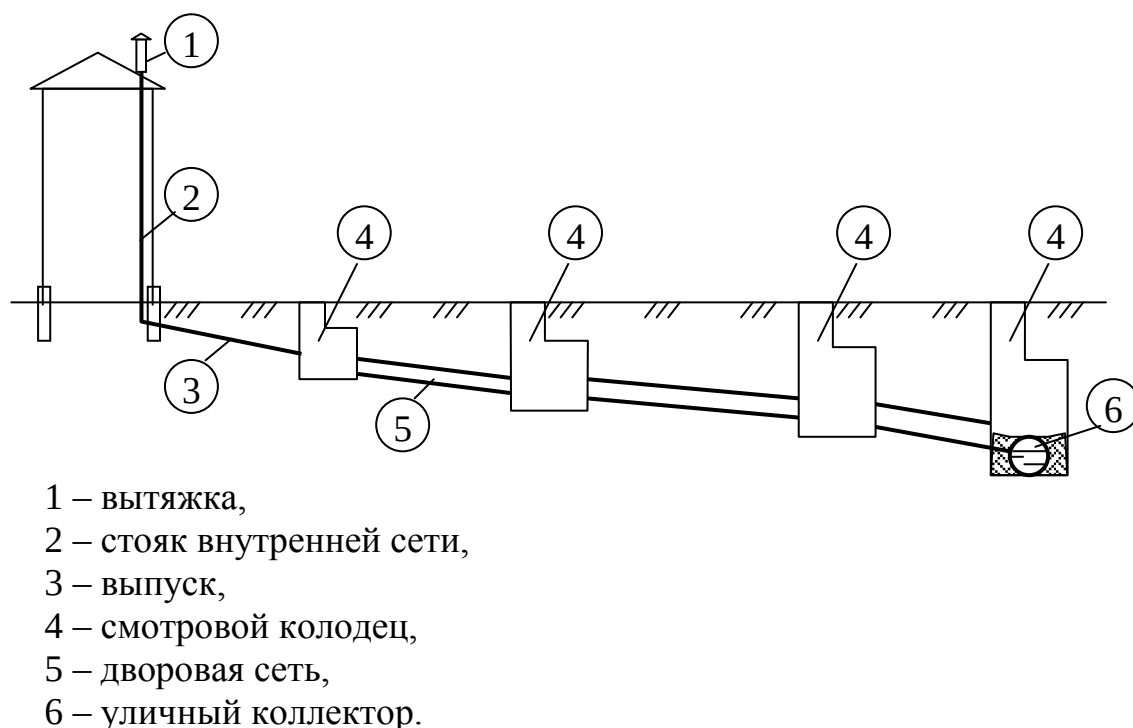


Рисунок 26 – Схема присоединения здания к уличной канализационной сети

Для защиты зданий и городов от затопления устраивают дождевую (ливневую) канализацию. Дождевая (ливневая) канализация устраивается либо в виде лотков и кюветов для поверхностного отвода дождевых вод, либо в виде закрытой (подземной) сети. Наружные водостоки состоят из сети труб, смотровых колодцев и дождеприемников. Дождевую сеть трассируют с учетом рельефа местности так, чтобы отвести дождевые воды в водоем кратчайшим путем. Вода поступает в дождевую сеть через дождеприемники, которые размещаются в лотках проезжей части на расстоянии, зависящем от уклона местности с таким расчетом, чтобы ширина потока в лотке перед решеткой не превышала 2 м. Их также размещают в пониженных местах улиц, на перекрестках и пешеходных переходах со стороны притока дождевых вод.

Например,

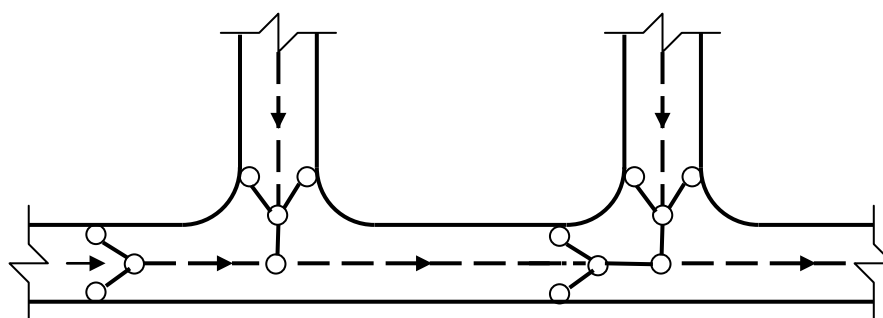


Рисунок 27 – Схема размещения дождеприемников

Расчет дождевой сети производится, исходя из расчетного расхода на участке, который зависит от интенсивности, продолжительности и повторяемости дождя.

Интенсивность дождя i_g (мм/мин) по слою вычисляется по формуле:

$$i_g = h / t ,$$

где h – слой выпавших осадков, мм,

t - время выпадения дождя, мин.

Если необходимо выразить интенсивность дождя по объему (л/с с 1 га) через интенсивность по слою, пересчет ведут по формуле:

$$q = i_g \times 1000 \times 1000 / (1000 \times 60) = 166,7 \times i_g ,$$

Повторяемость дождя – период времени, в течении которого дождь определенной продолжительности и интенсивности выпадает (повторяется) 1 раз. Расчетная повторяемость дождя колеблется обычно от $P_g=0,5$ до $P_g=5$ лет.

Интенсивность дождя является переменной величиной, зависящей от его продолжительности. При расчете дождевой канализации по методу предельных интенсивностей считают, что продолжительность дождя должна соответствовать времени протекания воды от наиболее удаленной точки сети до расчетного сечения. Следовательно, каждый участок дождевой сети рассчитывается на дождь соответствующей интенсивности.

Расчетная продолжительность дождя включает:

- а) время поверхностной концентрации дождя t_k , время, необходимое для добегания первых потоков воды от наиболее удаленной границы участка до уличного лотка (принимается в пределах от 3 до 7 мин);
- б) время протекания воды по уличному лотку t_l до начала расчетного участка (ориентировочно 2...3 мин);
- в) время протекания воды по дождевой сети от верховой точки до расчетного сечения t_c (определяется исходя из длины сети и скорости течения воды на расчетных участках).

Суммарное время протекания воды до расчетного сечения составит:

$$t = t_{np} = t_k + t_l + t_c .$$

В старых городах использовалась общесплавная система канализации. В период больших дождей дождевые воды в смеси со сточными городскими водами сбрасываются в водоем через специальные камеры-ливнеспуски, откуда по ливнеотводам они поступают в водоем. Для этого в камере ливнеспуска устраивают водослив (рис.28).

Общесплавную канализационную сеть рассчитывают на полное заполнение при пропуске общего (суммарного) расхода сточных вод.

$$Q_{общ} = Q_{быт} + Q_{пром} + Q_{д} ,$$

где $Q_{быт}$ – расход бытовых стоков,
 $Q_{пром}$ – расход производственных стоков,
 $Q_{д}$ – расход дождевых стоков.

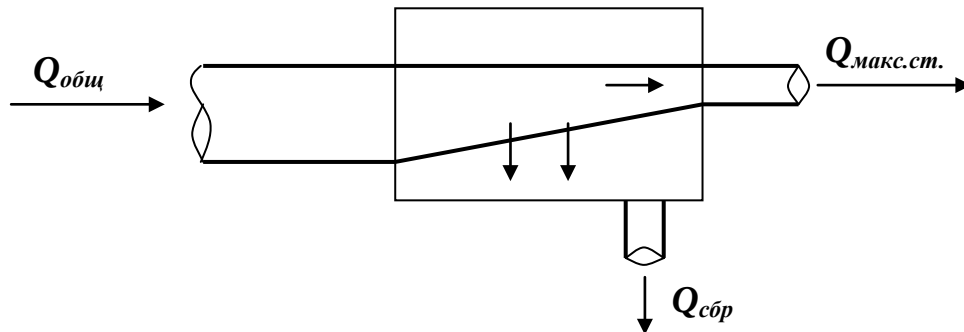


Рисунок 28 – Схема разделения потоков в ливнеспуске

Сети полураздельной системы канализации (кроме перехватывающего общесплавного коллектора) рассчитываются аналогично бытовым и дождевым сетям полной раздельной системы.

Предельный расход дождевых вод $Q_{пред}$, поступающих через разделительные камеры в общесплавной коллектор, определяется так же, как и в общесплавной канализации при $P=0,05 \dots 0,1$ года.

Расход $Q_{сбр}$, сбрасываемый в водоем, составляет:

$$Q_{сбр} = Q_{д} - Q_{пред} ,$$

где $Q_{д}$ – расход дождевых вод перед камерой (при $P_{д} \geq 0,33$ года),

$Q_{пред}$ – предельный расход дождевых вод (при $P_{д} = 0,05 \dots 0,1$ года).

Общесплавной коллектор полураздельной системы канализации рассчитывается на пропуск бытовых, производственных и предельного расхода дождевых вод при полном заполнении трубопровода ($h/D=1$) и проверяется на пропуск расхода в сухую погоду с незаиливающими скоростями.

Тема 2.3 Устройство канализационной сети и сооружения на ней

1. Трубы и их соединения.
2. Колодцы на сети.
3. Дюкеры и переходы на сети.

Трубы, применяемые для прокладки канализационных сетей должны быть водонепроницаемыми, прочными и долговечными, устойчивыми по отношению к коррозии и температурному влиянию. Этим требованиям в основном отвечают керамические, бетонные, железобетонные и асбестоцементные трубы.

Керамические трубы изготавливаются в соответствии с ГОСТ 286-82 диаметром **150...600 мм**. Для стоков промышленных предприятий применяются керамические кислотоупорные трубы.

Железобетонные безнапорные трубы изготавливаются по ГОСТ 6282-88 диаметром **400...2400 мм** нормальной и повышенной прочности; *бетонные безнапорные гладкие трубы* изготавливают диаметром **100...1000 мм** по ГОСТ 20054-82.

Асбестоцементные трубы для безнапорных трубопроводов изготавливаются по ГОСТ 1839-80 диаметром **100...400 мм** с гладкими концами, длиной **3 и 4 м**.

Стыки труб должны быть прочными, водонепроницаемыми, эластичными и устойчивыми против коррозии и температурных влияний.

Стыки раструбных соединений заделывают асфальтовой мастикой, асбестоцементом и цементом. Фальцевые соединения заделывают мастикой или цементом. Бетонные трубы соединяют бетонными муфтами, асбестоцементные— асбестоцементными, с уплотнениями на эластичных резиновых кольцах.

Кроме трубопроводов в системах канализации используются каналы *шатрового, овоидального, прямоугольного и трапецидального сечения* (рис.29).



Рисунок 29 – Виды каналов для систем водоотведения

Для наблюдения за работой сети, для прочистки, промывки трубопроводов, ликвидации возможных засоров, а также для приемки дождевых, талых вод и присоединений других участков и выпусков канализационной сети используются **колодцы**. Они бывают *линейными, поворотными, узловыми* и *перепадными*. Линейные колодцы устанавливаются на прямых участках сети на расстояниях от **50 м** до **250 м** в зависимости от диаметра. По форме в плане колодцы бывают круглыми и прямоугольными. Круглые смотровые колодцы устраиваются на трубопроводах диаметром до **600мм** и имеют диаметр рабочей части **1 м**.

Они изготавливаются из железобетонных стандартных элементов (колец) заводского изготовления. Внутри канализационных колодцев жидкость течет по открытым лоткам *полукруглого* сечения (рис.30). Прямоугольные смотровые колодцы, устанавливаемые на трубопроводах диаметром **700 мм** и более, имеют внутренние размеры: в длину на **0,4 м** и ширину на **0,5 м** большую внутреннего диаметра трубы или ширины коллектора. Поворотные колодцы устраиваются для изменения прямоугольного движения стоков. Узловые колодцы обеспечивают соединения в узлах.

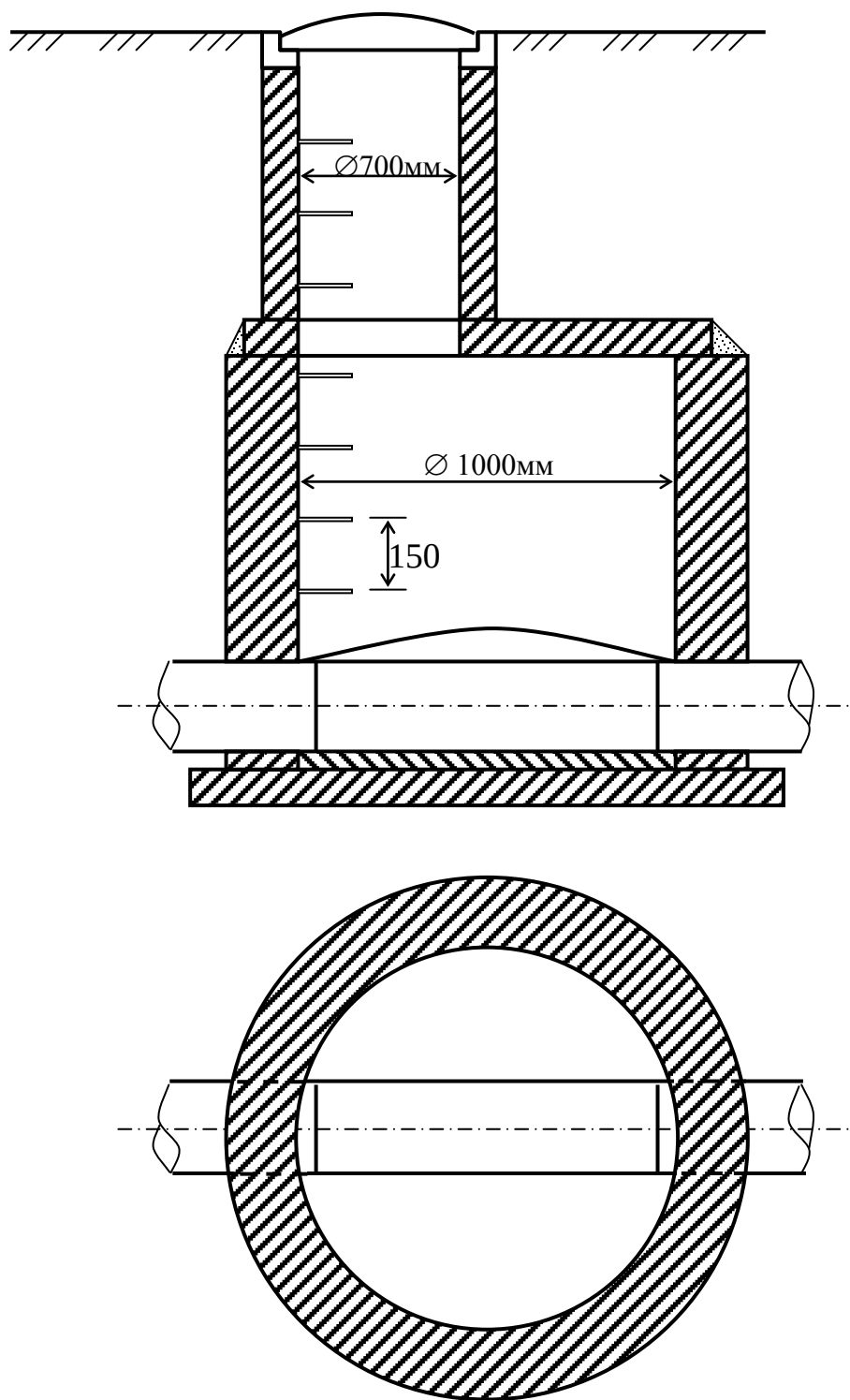


Рисунок 30 – Смотровой колодец

Перепадные колодцы (рис.31) устраивают в местах присоединения к коллекторам притоков с меньшей глубиной заложения. Их также устраивают тогда, когда необходимо снизить скорость потока из-за большого уклона местности. На трубах диаметром до **500 мм** перепады могут устраиваться в виде вертикальной трубы снаружи колодца или с внутренним вертикальным прямоугольным каналом. Перепады на трубопроводах диаметром **600 мм** и более устраивают в виде водосливов практического профиля с водобоями, в виде шахтных перепадов, быстротоков и т.п.

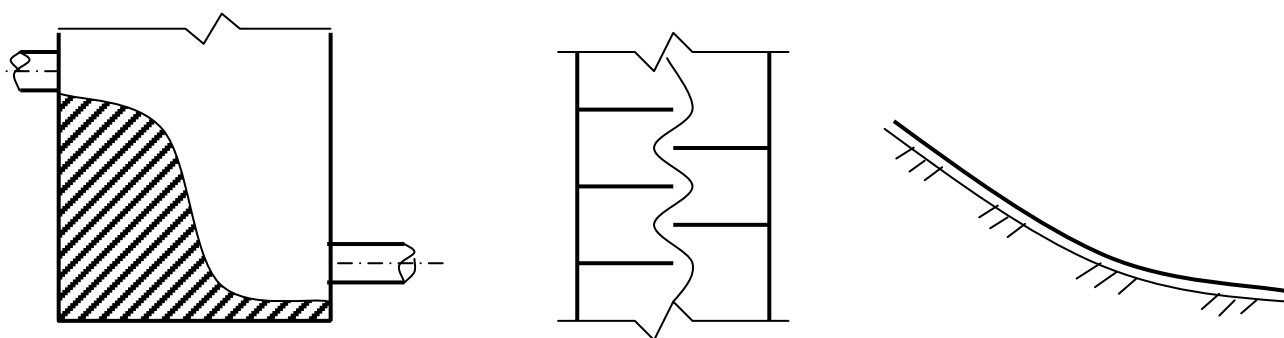


Рисунок 31 – Схемы перепадных колодцев и перепадов

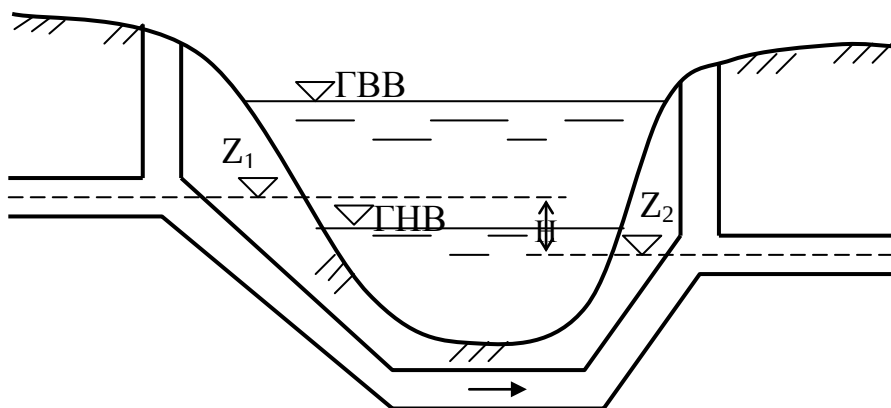
Для транспортирования сточных вод через реки, овраги и при пересечении канализационной сети с подземными сооружениями служат специальные устройства – **дюкеры** (рис.32). Дюкер состоит из входной камеры, линий дюкера (трубопроводов) и выходной камеры.

Дюкеры работают полным сечением. Сточные воды в них движутся под давлением столба жидкости, обусловленным разностью уровней во входной и выходной камерах дюкера ($H=Z_1-Z_2$), равной суммарным потерям напора в дюкере

$$H = h_{\text{дл}} + h_{\text{м}} .$$

Дюкеры устраивают из стальных труб, реже из чугунных. Камеры дюкера устраивают из сборного железобетона.

Схема дюкера выглядит так:



- 1 – камера входная,
- 2 – камера выходная,
- 3 – стальной трубопровод.

Рисунок 32 – Схема дюкера

Под железными и шоссейными дорогами в зависимости от диаметра канализационного коллектора сооружаются переходы из стальных, чугунных или железобетонных труб. Конструкция таких переходов аналогична переходам водопроводных линий.

Для спуска сточных вод в водоемы устраиваются выпуски, которые могут быть сосредоточенными и рассеивающими. Последние устраиваются с целью более эффективного смешения сточных вод с водой водоема. Дождевые воды и воды от ливнеотводов общесплавной канализации выпускают через сосредоточенные выпуски берегового типа. Во всех же других случаях оголовки выпуска выносят на некоторое расстояние от берега.

Канализационная сеть вентилируется через внутридомовые канализационные сети и вытяжки стояков выше крыши зданий. Вытяжные устройства предусматриваются также во входных камерах дюкеров, на перепадах. При необходимости устраивается искусственная вытяжная вентиляция.

Часть 3. Теплоснабжение

Тема 3.1 Общие сведения о теплоснабжении

1. Системы и схемы теплоснабжения.
2. Классификация систем центрального теплоснабжения.
3. Тепловые пункты.
4. Тепловые сети.
5. Требования к качеству воды в системах теплоснабжения.

Теплоснабжение – комплекс инженерных сооружений, предназначенных для снабжения теплом жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений с целью обеспечения коммунально-бытовых потребностей (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение) и технологических нужд потребителей.

В зависимости от места приготовления тепла различают:

- местное теплоснабжение (МТ),
- централизованное теплоснабжение (ЦТ).

В системах МТ приготовление тепла осуществляется непосредственно у потребителя.

В системах ЦТ приготовление тепла осуществляется централизованно для значительной группы потребителей (зданий, объектов и т.п.).

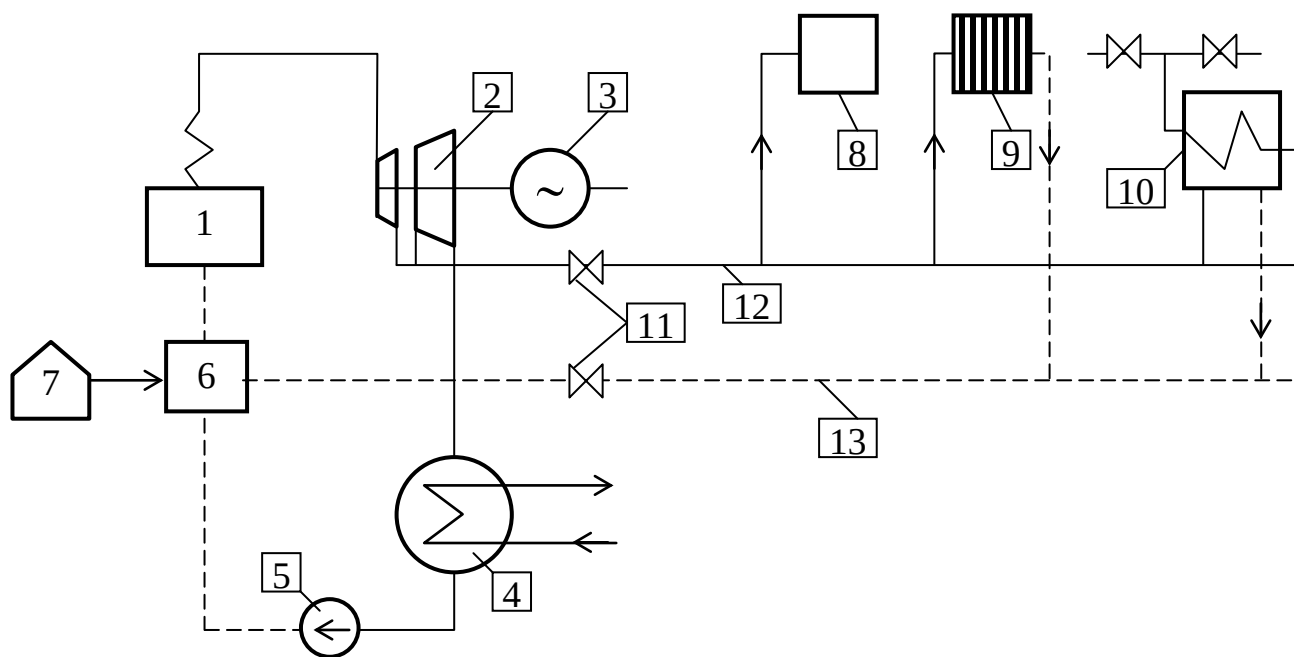
Централизованное теплоснабжение по сравнению с МТ имеет ряд преимуществ:

- значительное снижение расхода топлива и эксплуатационных затрат за счет автоматизации котельных установок и повышения их КПД,
- уменьшения степени загрязнения воздушного бассейна и улучшения санитарного состояния населенных пунктов благодаря применению современных устройств по очистке дымовых газов,
- возможность использования низкосортных видов топлива,
- снижение стоимости строительства сооружений,

- сокращение площадей, занятых местными котельными и складами топлива,
- уменьшение пожарной опасности.

В некоторых конкретных случаях МТ могут оказаться более технологичными и экономичными, например, в системах с использованием местных электронагревательных устройств (электроотопление, электронагрев воды). В этом случае отпадает необходимость в строительстве теплотрасс и строительстве ряда устройств.

Система ЦТ более сложная, чем МТ, и включает источник тепла, тепловую сеть, тепловые пункты и теплопотребляющие здания, сооружения и промышленные установки (рис.33).



- 1 – котельная,
- 2 – турбина,
- 3 – электрогенератор,
- 4 – конденсатор,
- 5 – конденсатный насос,
- 6 – регенератор,
- 7 – химическая водоподготовка,
- 8-10 – потребители тепла,
- 11 – задвижки,
- 12 – подающий трубопровод,
- 13 – обратный трубопровод.

Рисунок 33 – Принципиальная схема теплофикации

Источниками тепла при ЦТ могут быть теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), на которых осуществляется комбинированная выработка электрической и тепловой энергии (теплофикация); котельные установки большой мощности, вырабатывающие только тепловую энергию; устройства для утилизации тепловых отходов промышленности; установки для использования геотермальных источников.

В системах МТ источниками тепла служат печи, водогрейные котлы, различные водонагреватели, использующие избыточное тепло промышленных предприятий, солнечную энергию и т.п.

Источников тепла на территории города может быть несколько. Они размещаются на территории города с учетом таких факторов:

- не должно быть заноса сернистых дымовых газов и летучей золы в жилые зоны города,
- желательно источники тепла располагать ближе к центру тепловых нагрузок для уменьшения радиуса подачи тепла потребителям,
- доставка топлива должна быть удобной,
- дальность действия систем теплоснабжения: при современных технических средствах удаление паровых систем от центров потребления теплоты не должно превышать 5...6 км (при давлении 1,5...2,0 МПа), систем горячего водоснабжения 30...40 км (насосные станции в этом случае проектируются на подающих и обратных трубопроводах), системы подачи теплоты от районных котельных – 5...6 км.

Теплоносителями в системах ЦТ обычно является перегретая вода с температурой до 200°C и давлением $P_y \leq 2,5$ МПа и пар с температурой $t \leq 440^\circ\text{C}$ и давлением $P_y \leq 6,2$ МПа. Перегретая вода обычно служит для обеспечения коммунально-бытовых, а пар – технологических нагрузок.

Использование теплоты в системах теплоснабжения связано с сезонами года. Часть потребителей теплоты зависит от климатических условий (системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха), а часть не зависит

(системы бытового горячего водоснабжения, технологического пароснабжения и горячего водоснабжения). От преобладания тех или иных тепловых потоков зависит во многом выбор и схем теплоснабжения.

В некоторых системах теплоснабжения на общую тепловую сеть могут работать несколько источников тепла, что повышает надежность работы системы, ее маневренность и экономичность, но в некоторой степени усложняет работу ее гидравлически, так как увеличивается вероятность возникновения гидравлических ударов при изменении направления движения потоков теплоносителя в трубопроводах.

Системы централизованного теплоснабжения (ЦТ) классифицируются по нескольким признакам.

По *способу присоединения* установок отопления системы бывают:

- зависимые,
- независимые.

В зависимых системах теплоноситель поступает в отопительные установки потребителей непосредственно из тепловой сети.

В независимых системах теплоноситель поступает в промежуточный теплообменник, установленный в тепловом пункте, где он нагревает вторичный теплоноситель, который циркулирует в местной установке потребителя.

В независимых системах теплоснабжения системы потребителей гидравлически изолированы от тепловой сети. Такие системы находят применение преимущественно в крупных городах. Это связано с повышенными требованиями к надежности подобных систем, а также с тем, что давление в тепловой сети является слишком высоким для потребляющих установок по условиям их прочности или наоборот с тем, что статические давления, создаваемые в теплопотребляющих установках (высотных зданиях), неприемлемы для условий работы тепловой сети.

По *способу присоединения установок горячего водоснабжения* системы теплоснабжения делятся на:

- закрытые,

– открытые.

В закрытых системах вода из тепловой сети поступает в теплообменники, установленные в тепловых пунктах, в которых вода из водопровода нагревается до температуры 60...70°C и используется для горячего водоснабжения.

Закрытые системы горячего водоснабжения являются более благоприятными с точки зрения удовлетворения качественных показателей воды – в них исключается коррозия внутренних поверхностей трубопроводов.

В открытых системах горячего водоснабжения вода, расходуемая потребителями, а также вода, теряемая в сетях в результате утечки ее через неплотности, должна компенсироваться химически подготовленной некоррозионной деаэрированной водой. Это осуществляется на станциях химической водоподготовки. В таком случае вода должна соответствовать требованиям, предъявляемым к питьевой воде.

По числу трубопроводов, используемых для переноса теплоносителя, системы делятся на :

- однетрубные,
- двухтрубные,
- многотрубные.

Однетрубные системы применяются в тех случаях, когда теплоноситель полностью используется потребителями и обратно не возвращается (например, в паровых системах без возврата конденсата или в открытых системах горячего водоснабжения, в которых вода полностью разбирается потребителями).

В двухтрубных системах теплоноситель полностью или частично возвращается в источник тепла, где он подогревается и восполняется.

Многотрубные системы устраиваются при необходимости выделения отдельных типов тепловой нагрузки (например, отдельные системы для горячего водоснабжения и отопления). Применение многотрубных систем упрощает регулирование отпуска тепла, способы присоединения потребителей к тепловым сетям, а также их эксплуатацию.

По виду теплоносителя системы ЦТ делятся на :

- водяные.
- паровые,

По способу регулирования отпуска тепла в системах теплоснабжения (суточное, сезонное) различают системы с:

- центральным качественным регулированием,
- местным количественным регулированием,
- качественно-количественным регулированием.

Центральное качественное регулирование подачи тепла осуществляется по основному виду тепловой нагрузки – отоплению или горячему водоснабжению. Оно заключается в изменении температуры теплоносителя, подаваемого от источника тепла в тепловую сеть в соответствии с принятым температурным графиком в зависимости от температуры наружного воздуха.

Местное количественное регулирование производится в тепловых пунктах. Этот вид регулирования находит широкое применение при горячем водоснабжении и осуществляется, как правило, автоматически. В паровых системах теплоснабжения в основном производится местное количественное регулирование – давление пара в источнике теплоснабжения поддерживается постоянным, а расход его регулируется потребителями.

При качественно-количественном регулировании поддерживается эквивалент расхода сетевой воды и ее температуры в зависимости от относительной тепловой нагрузки. Задачей регулирования является поддержание в отапливаемых помещениях расчетной внутренней температуры.

С точки зрения гигиены наиболее приемлемыми являются системы с водяными теплоносителями.

Выбор системы теплоснабжения осуществляется на основании технико-экономических показателей.

Для обеспечения управления и контроля теплоснабжением отдельных установок, зданий или групп зданий устраивают тепловые пункты (ТП).

Тепловые пункты (ТП) в системах теплоснабжения выполняют следующие функции:

- приготовление горячей воды с параметрами, требуемыми для санитарно-бытовых и технических нужд потребителей, а также поддержания или регулирования этих параметров в процессе эксплуатации систем; при этом происходит не только изменение параметров, но в отдельных случаях и преобразование теплоносителя;
- защита местных систем от повышения давления и температуры теплоносителя,
- постоянный контроль параметров теплоносителя (t и P),
- регулирование расхода теплоносителя и распределения его по системам потребления теплоты,
- учет тепловых потоков, расходов теплоносителя и конденсата,
- заполнение и подпитка систем потребления теплоты,
- сбор, охлаждение, возврат конденсата и контроль его качества,
- аккумулирование теплоты с целью выравнивания суточных колебаний расхода теплоносителя,
- водоподготовка для систем горячего водоснабжения.

В зависимости от назначения тепловые пункты делятся на :

- индивидуальные тепловые пункты (ИТП), предназначенные для присоединения систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических теплоиспользующих установок для одного здания или его части,
- центральные тепловые пункты (ЦТП) – для двух и более зданий.

По размещению на генеральном плане ТП делятся на:

- отдельно стоящие,
- пристроенные к зданиям и сооружениям,
- встроенные в здания и сооружения.

Устройство ИТП для каждого здания обязательно, независимо от того, имеется или отсутствует ЦТП; при этом в ИТП предусматриваются только те

мероприятия, которые необходимы для присоединения данного здания и отсутствуют в ЦТП.

Для промышленных и сельскохозяйственных предприятий, когда теплоснабжение осуществляется от внешних источников теплоты, а число зданий более одного, ЦТП проектируются в обязательном порядке. Для жилых и общественных зданий необходимость устройств ЦТП обосновывается технико-экономическими расчетами.

Источники тепла соединяются с тепловыми пунктами тепловыми сетями. По своему назначению тепловые сети делятся на:

- магистральные,
- распределительные,
- внутриквартальные.

Магистральные тепловые сети соединяют источники теплоты с крупными тепловыми потребителями и представляют собой участки, несущие основную тепловую нагрузку.

Распределительные или **межквартальные** сети транспортируют теплоту от тепловых магистральных сетей к объектам теплопотребления.

Внутриквартальные сети ответвляются от распределительных или непосредственно от магистральных тепловых сетей и заканчивается в ТП потребителей теплоты. Они несут только ту тепловую нагрузку, которую имеет этот потребитель теплоты.

Магистральные тепловые сети (рис.34) по конфигурации делятся на:

- тупиковые,
- кольцевые.

Общая протяженность магистральных тупиковых сетей значительно меньше кольцевых, но зато надежность кольцевых сетей значительно выше, чем тупиковых. В кольцевых сетях легче и быстрее выравниваются потери давления, возникающие при разной нагрузке систем теплоснабжения, особенно в период аварийных отключений отдельных участков.

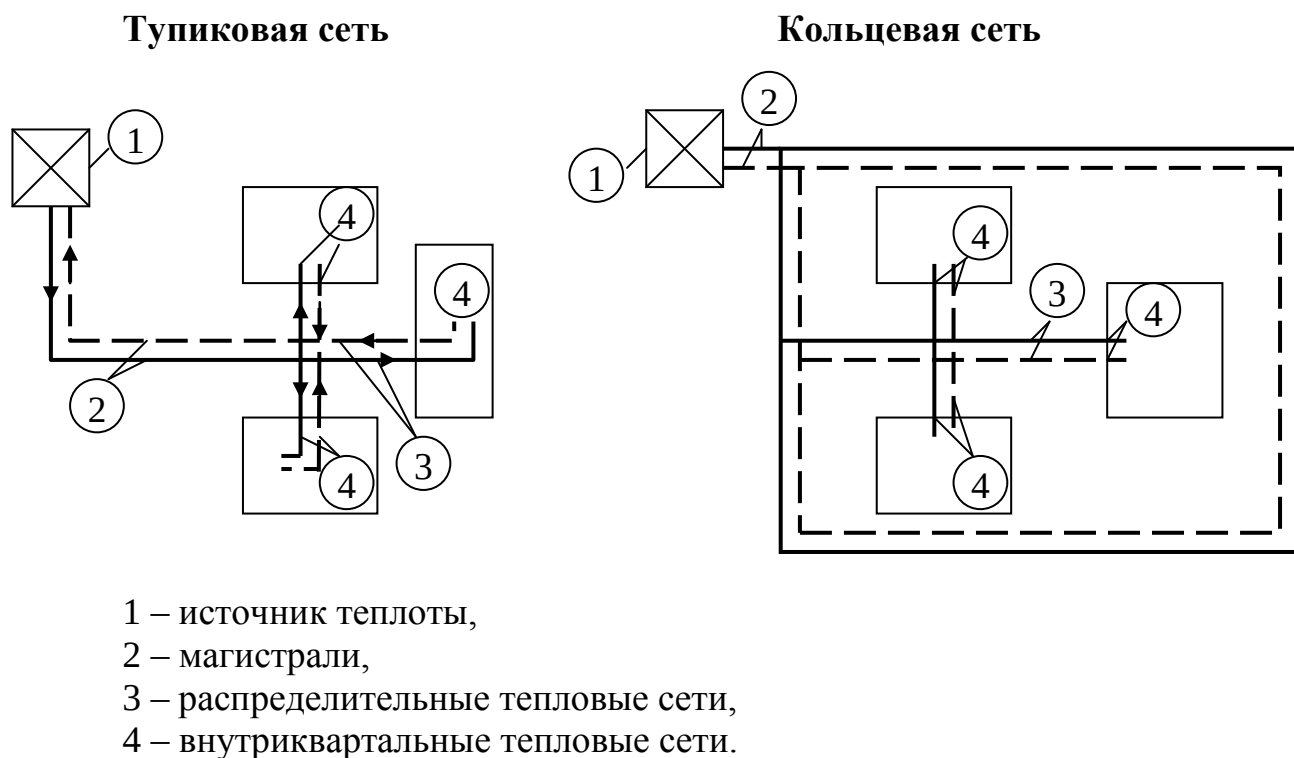


Рисунок 34 – Тепловые сети

При трассировке тепловых сетей необходимо выполнение следующих условий:

- магистральные сети следует прокладывать вблизи центра тепловых нагрузок,
- трассы должны иметь кратчайшие расстояния,
- тепловые сети не следует прокладывать в грунтах в затопляемых районах городов и промышленных предприятий,
- намеченные трассы не должны мешать транспорту,
- трассировка систем теплоснабжения должна обеспечивать удобства при проведении ремонтных работ,
- подземную прокладку тепловых сетей не следует намечать вдоль электрифицированных железнодорожных и трамвайных путей во избежание электрокоррозии металлических трубопроводов,
- в вечномёрзлых и солончаковых грунтах прокладка тепловых сетей должна быть только наземной,
- выбранная трасса должна быть наиболее надежной и экономичной.

Сроки эксплуатации и надежность систем теплоснабжения в большой степени зависят от подготовки воды. Основными показателями, характеризующими качество воды, является содержание взвешенных веществ, цветность, сухой остаток, жесткость, наличие растворенных газов, pH, окисляемость, стабильность и др.

Содержание в воде взвешенных веществ, солей временной жесткости $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ и цветность воды способствуют образованию отложений на поверхности трубопроводов. Отложения от солей постоянной жесткости CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ и др. возможны при высоких температурах воды. Наличие CO_2 , O_2 , NH_3 , H_2S и др., низкое значение pH воды способствует возникновению коррозионных процессов. В таких случаях вода, протекающая по трубопроводам, приобретает коричневый оттенок.

Для удаления цветности и взвешенных веществ из воды применяется **осветление** и **обесцвечивание**. Для удаления солей жесткости – **умягчение**, для удаления других солей – **обессоливание**, для удаления газов – **деаэрация**.

В последние годы для предотвращения образования накипи используют магнитную обработку воды. Такая обработка может использоваться при общей жесткости воды не более 10 мг-экв/л и карбонатом жесткости более 4 мг-экв/л. Напряженность магнитного поля в рабочем зазоре магнитного аппарата не должна превышать $159 \times 10^3 \text{ А/м}$.

В открытых и закрытых системах теплоснабжения рекомендуется использовать питьевую воду, соответствующую ГОСТ 2874-82, подвергнутую вакуумной деаэрации для удаления газов и в I очередь O_2 и CO_2 . При наличии в ТП пара вместо вакуумной деаэрации предусматривается деаэрация паром при атмосферном давлении с обязательной установкой охладителей деаэрированной воды. В закрытых системах теплоснабжения при наличии термической деаэрации допускается использовать техническую воду.

Выбор способа обработки воды для централизованного горячего водоснабжения в закрытых системах теплоснабжения может быть принят по

СНиП 2.04.07-86. Использование для горячего водоснабжения исходной воды с окисляемостью более 6 мг O_2 не допускается. Если органы здравоохранения допускают цветность исходной воды до 35°, окисляемость воды может быть более 6 мг O_2 .

Если в исходной воде концентрация свободной углекислоты (CO_2) превышает 10 мг/л, то воду после вакуумной деаэрации необходимо подщелачивать.

Реагенты и материалы, применяемые для обработки воды, имеющие непосредственный контакт с водой и поступающие в систему горячего водоснабжения, должны быть разрешены органами здравоохранения для использования в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Тема 3.2 Расчет тепловых сетей

1. Особенности теплового расчета.
2. Особенности гидравлического расчета тепловых сетей.

Система теплоснабжения должна рассчитываться на отпуск суммарного максимального теплового потока из тепловых сетей с учетом несовпадения максимумов у отдельных потребителей.

Максимальные тепловые потоки на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, технологические процессы промышленных предприятий принимаются при проектировании тепловых сетей по соответствующим проектам. При отсутствии проектов тепловые потоки могут быть определены по рекомендациям СНиП 2.04.07-86 (Тепловые сети) нижеприведенными способами:

а) Для промышленных предприятий – по укрупненным ведомственным нормам, утвержденным в установленном порядке, либо по промерам аналогичных предприятий.

б) Для жилых районов городов и других населенных пунктов максимальные тепловые потоки в Вт определяются по следующим формулам:

1) На отопление жилых и общественных зданий

$$Q'_{o.max.} = q_0 A (1 + k_1) .$$

2) На вентиляцию общественных зданий

$$Q'_{v.max.} = k_1 k_2 q_0 A .$$

3) На горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q'_{h.max.} = 2,4 Q'_{hm} .$$

где $Q'_{o.max.}$ – суммарный максимальный тепловой поток на отопление жилых и общественных зданий при t_0 , Вт;

q_0 - укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м² общей площади (65...271 Вт/м²);

A - общая площадь жилых зданий, м²;

k_1 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий, который при отсутствии данных принимается равным 0,25;

$Q'_{v.max.}$ - максимальный тепловой поток на вентиляцию общественных зданий при t_0 , Вт;

k_2 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий, который при отсутствии данных принимается в пределах 0,4...0,6;

$Q'_{h.max.}$ - максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение для жилых и общественных зданий в сутки наибольшего водопотребления, Вт;

Q'_{hm} - средний тепловой поток на горячее водоснабжение в сутки за неделю в отопительный период для жилых и общественных зданий, Вт:

$$Q'_{hm} = q_h m ,$$

где q_h - укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение на одного человека (247...407 Вт/чел);

m - количество человек.

Потери теплоты в тепловых сетях учитываются по нормам проектирования источников теплоты.

На основе тепловых нагрузок производится гидравлический расчет тепловых сетей. Он производится для:

- определения расходов теплоносителя по каждому участку сети,
- выбора диаметров трубопроводов для отдельных участков,
- определения перепадов давления теплоносителя по каждому участку при известных диаметрах труб и расходах теплоносителя на каждом участке, а также перепаде давления в начальной и конечной точках выбранной сети.

При выполнении гидравлического расчета тепловых сетей с целью определения диаметров трубопроводов исходят из градиента давления и расхода теплоносителя на каждом участке.

Величина градиента давления зависит от скорости движения теплоносителя, диаметра и шероховатости внутренних поверхностей трубопроводов. Наиболее экономичным градиент давления будет в том случае,

когда приведенные затраты (Π), составленные из затрат на перекачивание теплоносителя (C_{Σ}), затрат, связанных с потерями теплоты ($C_{T,\Pi}$), и затрат на строительство ($K_{T,C}$) и эксплуатацию тепловой сети ($C_{T,C}$), будут минимальными, т.е.

$$\Pi = C_{\Sigma} + C_{T,\Pi} + C_{T,C} + E K_{T,C} = \min ,$$

где E – коэффициент окупаемости.

Суммарные потери давления на участке определяются по формуле:

$$\Delta P = \Delta P_l + \Delta P_m = \lambda \times \frac{l}{d} \times \frac{v^2 \rho}{2} + \sum \xi \frac{v^2 \rho}{2},$$

где ΔP_l – потери давления на трение (по длине),

ΔP_m – потери давления на местные сопротивления,

λ - коэффициент трения, зависящий от режима движения жидкости и коэффициента эквивалентной шероховатости трубопровода,

l - длина участка тепловой сети, м;

d - внутренний диаметр трубопровода, м;

v - скорость движения теплоносителя, м/с;

ρ - плотность теплоносителя, кг/м³;

$\sum \xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений участка.

Тема 3.3 Устройство тепловых сетей

1. Типы труб для тепловых сетей.
2. Каналы для прокладки тепловых сетей.
3. Бесканальная прокладка.
4. Теплоизоляция сетей.
5. Компенсация тепловых удлинителей.
6. Арматура и оборудование на сети.

Для тепловых сетей наибольшее распространение получили стальные электросварные (ГОСТ 10704-76), стальные бесшовные трубы (ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75). Стальные трубы соединяются, как правило, сваркой, что обеспечивает прочность не меньшую, чем прочность трубы. В настоящее время ведутся работы по возможности использования неметаллических труб.

Трубопроводы тепловых сетей прокладываются параллельно рельефу местности с минимальным уклоном 0,002. В нижних точках сети предусматриваются выпуски для опорожнения сетей, в верхних – воздушники для выпуска воздуха.

Прокладка тепловых сетей может быть подземной и надземной. Подземная прокладка тепловых сетей может осуществляться в проходных, полупроходных и непроходных каналах.

Прокладка в проходных каналах используется при большом количестве сетей (рис.35).

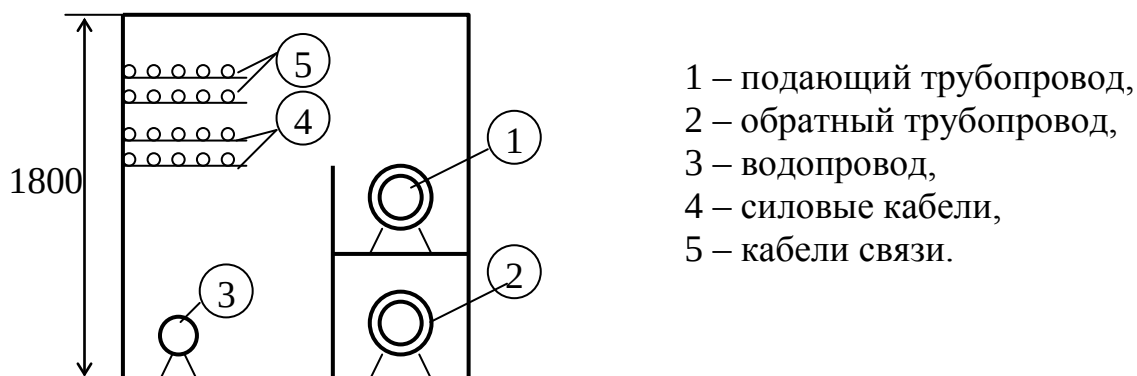


Рисунок 35 – Прокладка тепловых сетей в проходных каналах

Такие каналы оборудуются вентиляцией с целью поддержания температуры воздуха не выше 30°C , электрическим освещением с напряжением до 30 В и устройствами для быстрого отвода воды из каналов.

В случаях, когда количество прокладываемых трубопроводов невелико, но доступ к инженерным сетям необходим, устраиваются полупроходные каналы. Высота таких каналов должна быть не менее 1400 мм.

Прокладка теплопроводов в настоящее время преимущественно осуществляется в непроходных каналах, непосредственно в грунте (бесканальная прокладка) и на опорах по выровненной поверхности земли.

При прокладке трубопроводов в непроходных каналах наибольшее распространение получили каналы лоткового (КЛ) и сборного (КС) типов. Применяются также кирпичные каналы.

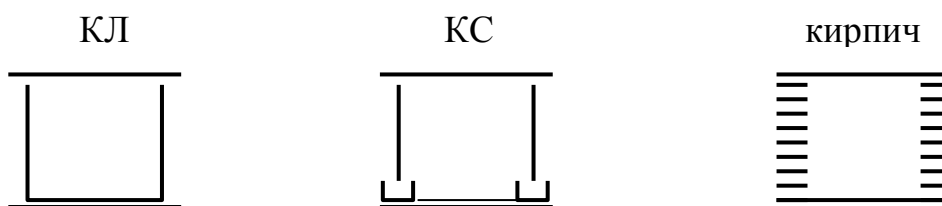


Рисунок 36 – Непроходные каналы для тепловых сетей

Наземная прокладка может осуществляться на низких ($H=0,5\ldots 2,0\text{м}$) и высоких опорах ($H=2\ldots 3\text{м}$). Этот вид прокладки применяется на производственных предприятиях, в районах вечной мерзлоты, а также и в других случаях при достаточном обосновании.

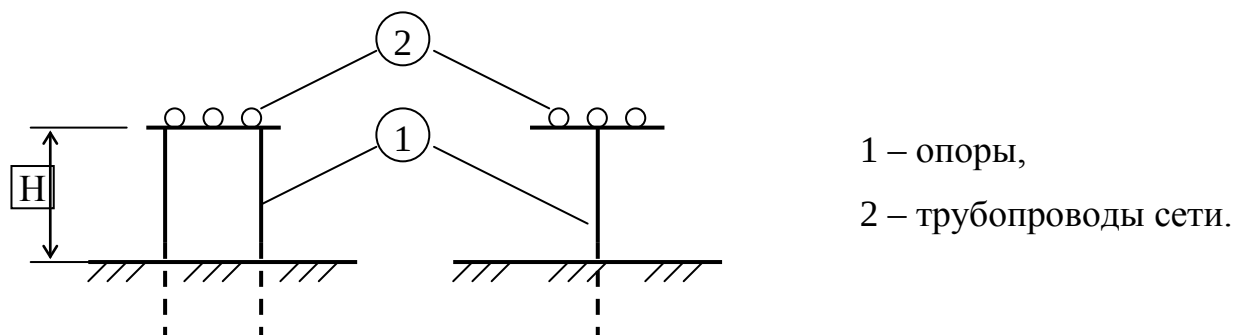


Рисунок 37 – Прокладка тепловых сетей на опорах

При бесканальной прокладке трубопроводы со специальной тепловой изоляцией укладывается непосредственно в грунт на специальную подготовку.

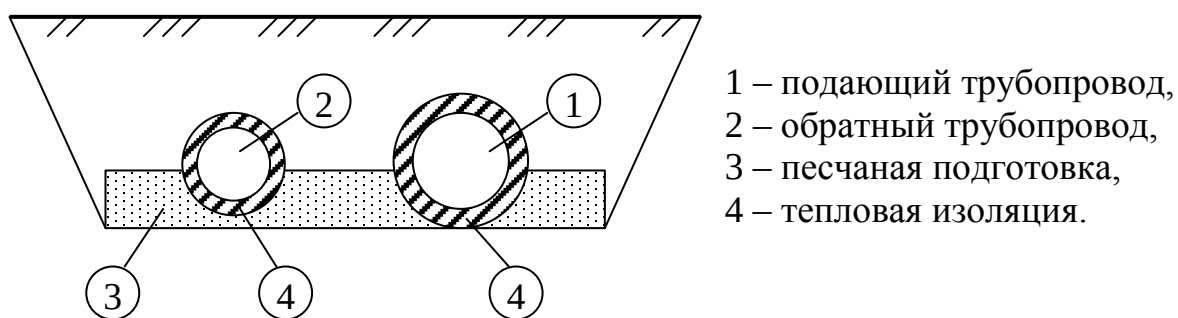


Рисунок 38 – Бесканальная прокладка

Если на трассе тепловых сетей имеются грунтовые воды с высоким уровнем воды, то предусматривается водопонижение (дренаж). С этой целью параллельно теплопроводом прокладываются дренажные трубопроводы, которые и удаляют грунтовые воды. Уклон труб попутного дренажа должен быть не менее 0,003.

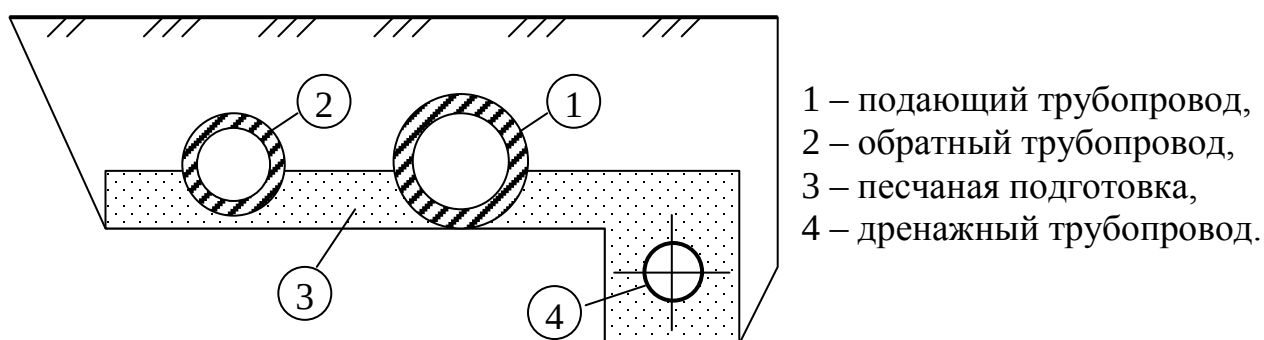


Рисунок 39 – Бесканальная прокладка с водопонижением

В последние годы нашла применение бесканальная прокладка теплопроводов в засыпных порошках.

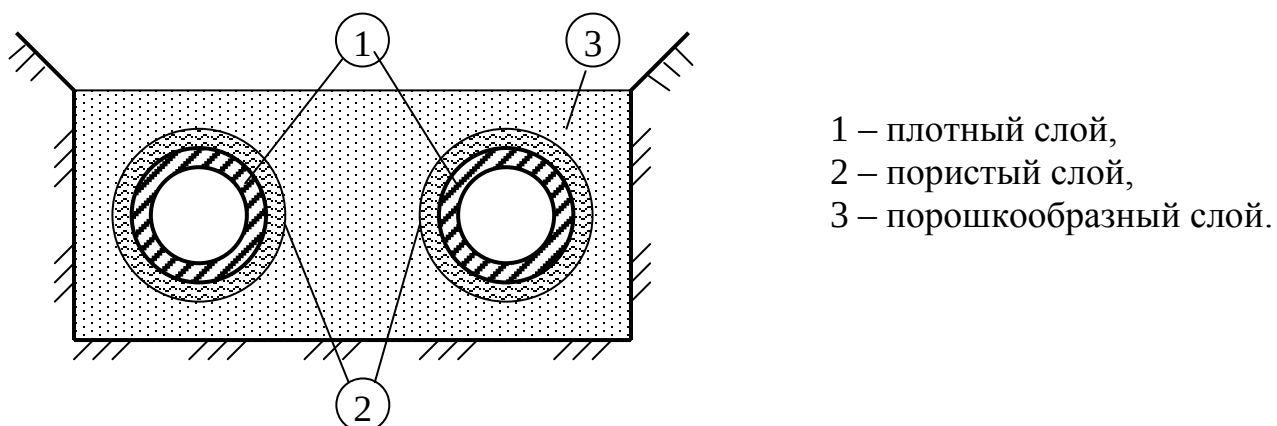


Рисунок 40 – Бесканальная прокладка в засыпных порошках

Основным компонентом для изготовления самоспекающегося порошка служит природный битум-асфальтит или искусственный битум.

Процесс производства работ по прокладке таких трубопроводов состоит из двух основных операций: засыпки труб в траншее порошкообразным асфальтоизолом, нагрева труб до температуры его плавления ($140\ldots 150^{\circ}\text{C}$) и поддержания этой температуры в течение $30\ldots 40$ ч. В период разогрева трубопровода непосредственно на поверхности трубы образуется плотный слой из расплавленного асфальтоизола, имеющий адгезию к наружной поверхности стального трубопровода и защищающий ее от увлажнения и коррозии. За этим плотным слоем образуется второй опекшийся слой, который имеет пористую структуру и является основным теплоизоляционным слоем. Наружный, третий, порошкообразный неспекшийся слой асфальтоизола служит дополнительной тепло- и гидроизоляцией.

Бесканальная прокладка теплопроводов может быть выполнена также из литых конструкций из пенобетона или перлитобетона. Смонтированные в траншее стальные трубопроводы заливают жидкой композицией изолирующего материала, приготовленной непосредственно на трассе или доставленной в контейнере с производственной базы. После схватывания композиции траншея засыпается грунтом.

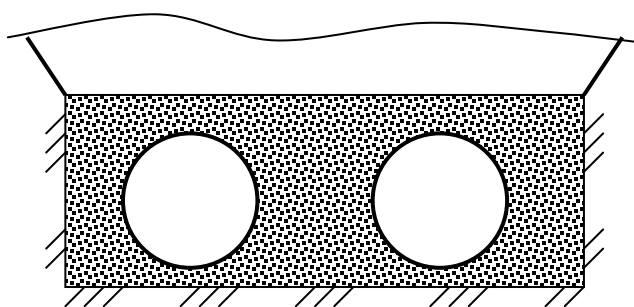


Рисунок 41 – Бесканальная прокладка в пенобетоне

Глубину заложения тепловых сетей при прокладке в каналах принимают не менее $0,5$ м до верха перекрытий каналов, при бесканальной – не менее $0,7$ м до верха изоляционной оболочки трубопровода.

В проходных, полупроходных и непроходных каналах трубопроводы покрываются изоляцией. Изоляция осуществляется сравнительно просто –

нанесением теплоизоляционного слоя непосредственно на трубопровод или поверх его покровного гидрофобного рулонного материала.

В качестве теплоизоляторов используют маты минераловатные, изделия из стекольного и штапельного волокна, пенопласт, перлитцемент и т.п. Теплопроводы, уложенные в непроходных каналах и тоннелях, защищаются рулонным стеклопластиком, армопластмассовыми материалами, стеклотекстолитом, фольгорубероидом, алюминиевой фольгой, асбестоцементной штукатуркой и т.п.

При наземной прокладке для изоляции теплоизоляционных конструкций применяются алюминиевые или из его сплавов листы, тонколистовая сталь, сталь листовая углеродистая общего назначения, стеклопластик рулонный и др.

Для восприятия тепловых удлинений трубопроводов тепловых сетей используются компенсаторы: линзовые, сальниковые, сильфонные, гибкие компенсаторы из труб (П-образные компенсаторы и углы поворотов) (рис.42).

Полное тепловое удлинение расчетного участка трубопровода (мм) определяется по формуле:

$$\Delta l = \alpha \Delta t L ,$$

где α – средний коэффициент линейного расширения стали при нагреве от 0° до t°C, °C;

Δt – расчетный перепад температур, принимаемый как разность между рабочей температурой теплоносителя и расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления, °C;

L - расстояние между неподвижными опорами, м.

Для разбивки трубопроводов на отдельные участки, на которых устанавливаются компенсаторы, на них устанавливаются неподвижные опоры, которые заземляют трубопроводы. Они бывают: упорные, лобовые, щитовые и хомутовые (рис.43). Упорные неподвижные опоры устанавливаются при всех видах прокладки, щитовые – при бесканальной прокладке и прокладке в непроходных каналах, при размещении опор вне камер и хомутовые – при наземной прокладке и прокладке в тоннелях (на участках с гибкими

компенсаторами и с самокомпенсацией). При бесканальной прокладке несущие конструкции неподвижных опор опираются на грунт. Неподвижные опоры могут быть концевыми и промежуточными.

Для обеспечения свободного перемещения трубопроводов при тепловых удлинениях используются подвижные опоры, которые могут быть скользящими, катковыми, шариковыми, пружинными (подвески) и жесткими подвесками.

Скользящие опоры проектируются независимо от направления горизонтальных перемещений трубопроводов при всех способах прокладки и для всех диаметров труб.

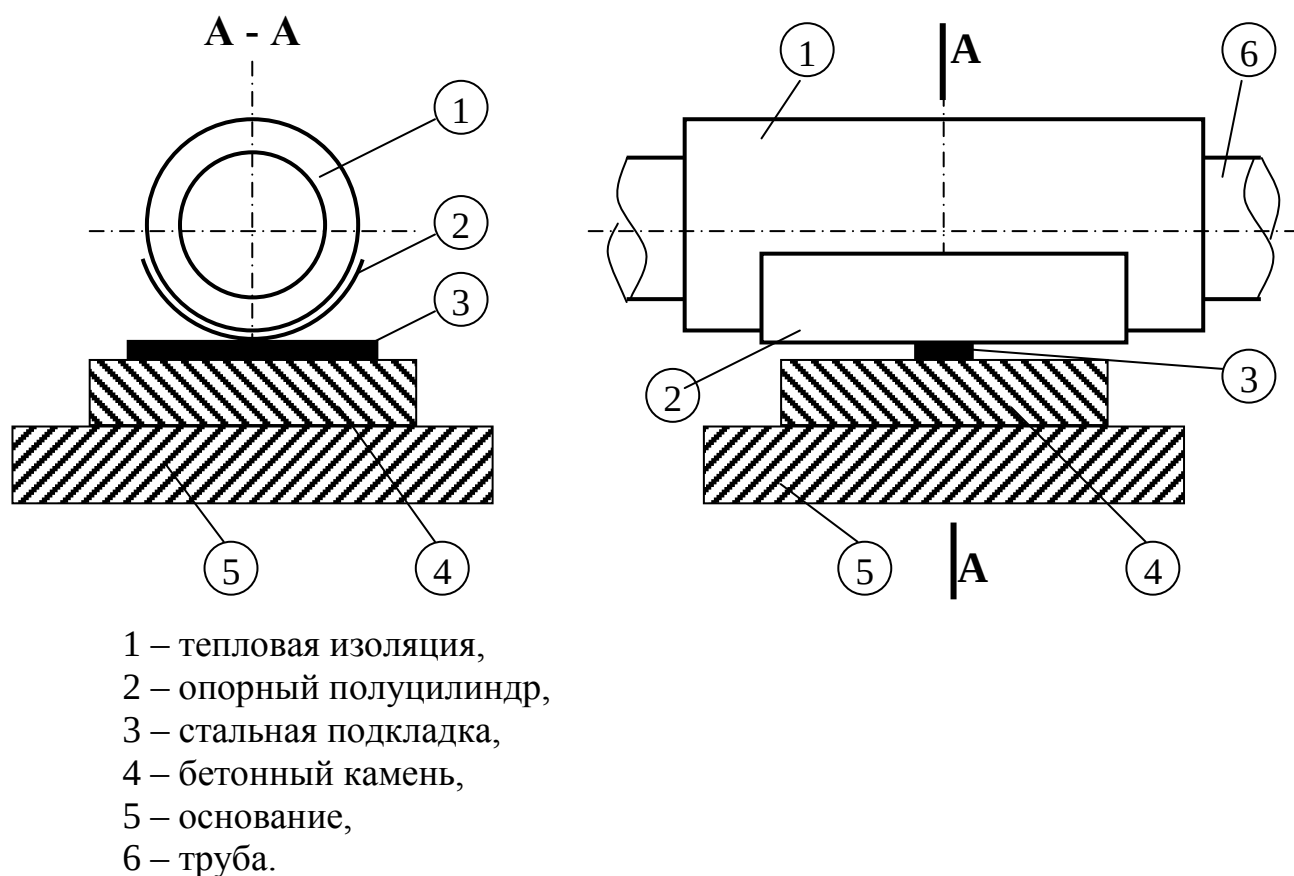


Рисунок 44 – Скользящие опоры

Катковые опоры – используются для труб диаметром 200 мм и более при горизонтальных перемещениях труб и в тех случаях, когда они проложены в тоннелях, на кронштейнах, на отдельно стоящих опорах и эстакадах.

Шариковые опоры применяются в тех же случаях, что и катковые, но при наличии горизонтальных перемещений труб под углом к оси трубы.

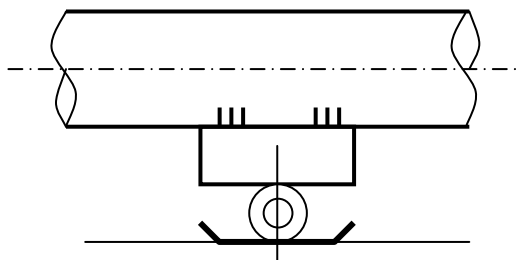


Рисунок 45 – Катковая опора

Пружинные опоры, или подвески, предусматриваются для труб диаметром 150 мм и более в местах вертикальных перемещений труб, а жесткие подвески используются при наземной прокладке трубопроводов с гибкими компенсаторами и на участках самокомпенсации.

Для обеспечения нормальной работы тепловых сетей на них предусматривается установка задвижек и затворов, выпусков воды (спускных устройств), выпусков воздуха, дренажей (для выпуска конденсата из паропроводов) и грязевиков перед насосами и регуляторами.

Запорная арматура и другое оборудование устанавливается в камерах, высотой не менее 2 м. Камеры тепловых сетей могут быть сборными железобетонными, монолитными и кирпичными.

При площади камеры до 6 м в ней предусматривается устройство двух люков, при большей площади – 4 люка.

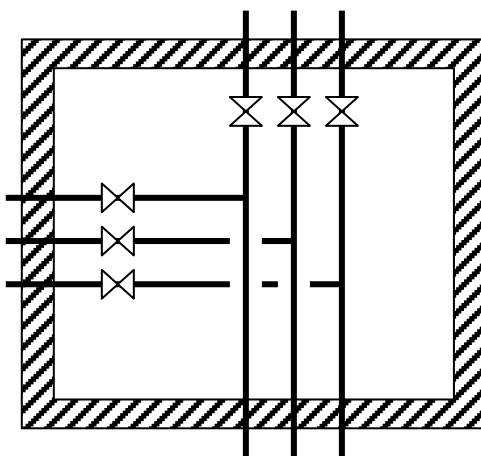


Рисунок 46 – План тепловой камеры

Часть 4. Газоснабжение

Тема 4.1 Общие сведения о газоснабжении городов

1. Горючие газы.
2. Системы газоснабжения.
3. Трассировка сетей и размещение сооружений.

Современные города требуют больших затрат топлива на бытовые и промышленные нужды.

По сравнению с твердым газообразное топливо имеет ряд преимуществ:

- оно, как правило, более экономично;
- улучшает санитарно-гигиеническое состояние городов (отсутствие выброса в атмосферу угольной пыли, золы и вредных сернистых газов);
- облегчает труд человека в быту и на производстве;
- освобождает внутригородской транспорт от перевозок топлива и территорию города от складов топлива и отвалов золы и шлака.

Газообразное топливо можно транспортировать по трубам на большие расстояния и централизованно распределять по территории города. Применение газа облегчает автоматизацию тепловых производственных процессов и сокращает численность обслуживающего персонала, позволяет осуществить экономически эффективные технологические процессы.

Газообразное топливо представляет собой смесь нескольких газов, причем основную часть их составляют горючие газы – углеводы (метан, этан, пропан и др.), водород и окись углерода (в искусственных газах), в состав негорючих примесей (балласта) входят азот, углекислота и др. Горючие газы добывают из природных источников (природные газы) и из жидкого и твердого топлива путем его термической переработки (искусственные газы). Состояние горючего газа определяется его объемом, давлением и температурой. Любое состояние может быть приведено к определенным (нормальным) условиям, обычно к температуре 0°C и давлению 0,1Мпа; объем газа в этом случае

выражают в м^3 . Газы характеризуются также теплотой сгорания. Исходя из технико-экономической целесообразности для газоснабжения городов применяют только те газы, теплота сгорания которых больше $13...15 \text{ МДж/м}^3$.

Наибольшую ценность для газоснабжения городов представляют природные газы, состоящие главным образом из углеводородов метанового ряда. Особенностью природных газов является высокая теплотворная способность, низкое содержание балласта и для большинства месторождений – отсутствие сероводорода и других вредных примесей. Эти газы имеют теплоту сгорания $32...36 \text{ МДж/м}^3$, плотность $0,73...0,76 \text{ кг/м}^3$ и содержат (по объему) метана $75...98\%$, этана, пропана, бутана и пентана $0,5...11\%$, углекислого газа $0,1...0,7\%$ и азота $0,5...15\%$.

Природные газы чисто газовых месторождений имеют более или менее постоянный состав. Попутные газы нефтяных месторождений имеют теплоту сгорания $38...63 \text{ МДж/м}^3$, плотность $0,8...1,5 \text{ кг/м}^3$ и содержат (по объему) метана $44...93\%$, этана, пропана, бутана и пентана $1...59\%$, углекислого газа $0,2...11 \%$ и азота $0,1...20\%$. Состав газов газонефтяных месторождений непостоянен и зависит от природы нефти, величины газового фактора, условий разделения нефтегазовых смесей и пр.

Искусственные горючие газы делятся на две группы. К первой группе относятся газы высокотемпературной (1000°C) и среднетемпературной ($500...600^\circ\text{C}$) перегонки, которые получаются при нагревании твердого или жидкого топлива без доступа воздуха. Представителями этой группы являются коксохимические, коксогозовые, газосланцевые и др. газы. Их теплота сгорания составляет $16...18 \text{ МДж/м}^3$, плотность $0,45...0,5 \text{ кг/м}^3$. Ко второй группе относятся газы безостаточной газификации, получаемые при нагревании топлива с частичным сжиганием его в токе воздуха, кислорода или их смеси с водяным паром. К ним относятся генераторные и доменные газы. Их низшая теплота сгорания составляет $5,5 \text{ МДж/м}^3$, плотность может быть более 1 кг/м^3 .

В горючих, особенно в искусственных газах содержатся вредные и балластные примеси. Вредными и ядовитыми примесями являются

сероводород, аммиак, цианистые соединения и окись углерода. Наиболее опасный и вредный компонент горючих газов – сероводород – высокотоксичный яд, сильно корродирующий металлы. Содержание в газе кислорода и водяных паров также вызывает явление коррозии металлов. Смола и водяные пары при их конденсации, а также пыль, окалина и нафталин способны уменьшать сечение трубопроводов и вызывать их закупорку.

Наличие в горючих газах балластных примесей снижает теплотворную способность и увеличивает плотность. И то и другое приводит к увеличению диаметров газопроводов, т.е. вызывает повышенный расход металла и капитальных вложений на сооружение магистралей.

Содержание вредных примесей на 100 м^3 газа не должно превышать в сумме 12,7 г.

Содержание кислорода в горючих газах должно быть не больше 1% (по объему), за исключением сжиженных газов с воздухом. Некоторые виды горючих газов (например, пропан, бутан и их смеси) используются в жидком виде. Сжиженные газы, используемые для бытовых целей, не должны содержать сероводорода больше 5 г на 100 м^3 .

Для контроля возможной утечки газу искусственно придают запах, т.е. его одорируют. Характерный запах должен ощущаться при содержании в воздухе даже 1% природного и 0,5% сжиженного газа.

Газовое хозяйство населенных мест состоит из следующих основных сооружений:

- газораспределительных станций ГРС (природный газ) или газовых заводов (искусственный газ);
- газгольдерных станций;
- наружных распределительных газопроводов различного давления;
- газорегуляторных пунктов ГРП;
- ответвлений;
- вводов на объекты, использующие газ;
- внутренних газопроводов;

- приборов потребления газа.

В зависимости от максимального рабочего давления газа газопроводы делятся на:

- газопроводы низкого давления – с давлением газа не более 5 кПа;
- газопроводы среднего давления – с давлением газа от 5кПа до 0,3МПа;
- газопроводы высокого давления: I категории с давлением газа более 0,6 до 1,2 МПа, II категории с давлением газа от 0,3 до 0,6 МПа.

Газопроводы низкого давления предназначены для подачи газа к газовым приборам жилых и общественных зданий и газовых приборов низкого давления промышленных и коммунально-бытовых предприятий.

Газопроводы среднего и высокого (II категории) давления используются для питания распределительных газопроводов низкого и среднего давления (через газорегуляторные пункты), а также промышленных и коммунально-бытовых предприятий (через местные газорегуляторные установки).

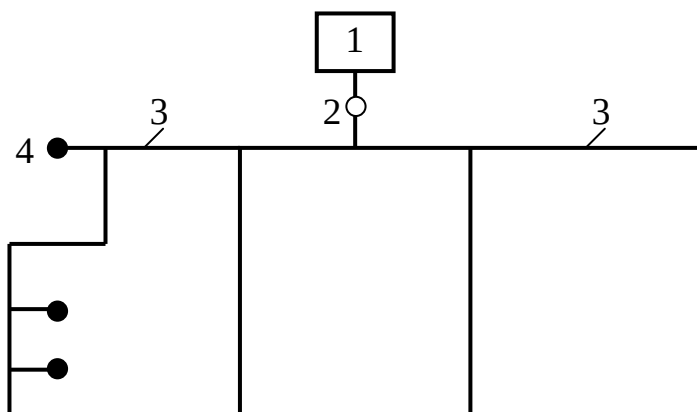
Газопроводы высокого давления (с давлением газа более 0,6МПа) предназначены для подачи газа к городским газорегуляторным пунктам, местным газорегуляторным пунктам крупных предприятий, а также к предприятиям, технологические процессы которых требуют применения газа высокого давления.

По начертанию в плане системы распределения газа делятся на: тупиковые, кольцевые и смешанные.

По числу ступеней давления в газовых сетях системы газоснабжения подразделяются на одно-, двух-, трех- и многоступенчатые (рис.45 и 46).

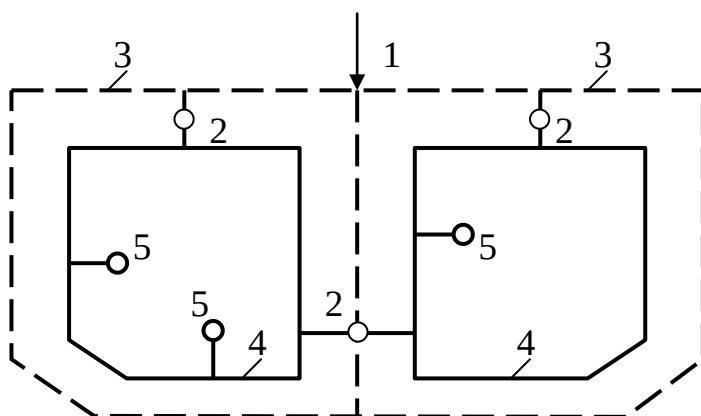
Необходимость совместного применения нескольких ступеней давления газа в городах возникают из-за большой протяженности городских газопроводов, несущих большие газовые нагрузки, наличия потребителей, которые требуют различных давлений, из-за условий эксплуатации и др.

Одноступенчатая схема



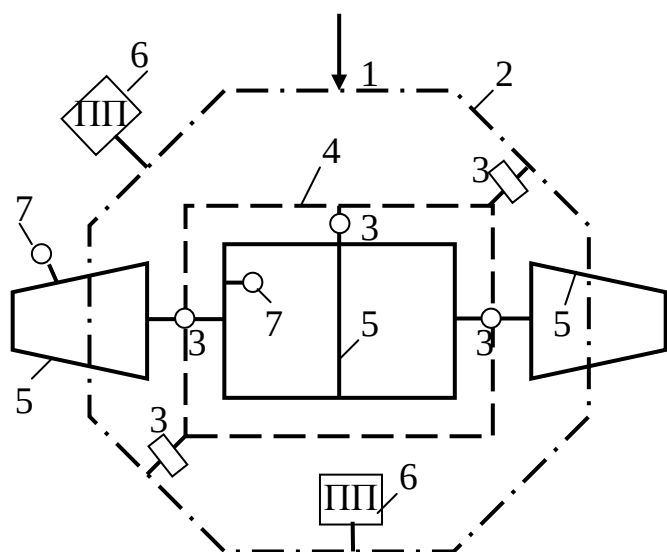
- 1 – групповая установка газа сжиженного (ГС),
2 – газорегуляторный пункт (ГРП),
3 – трубопроводы низкого давления (СНД),
4 – ответвления к потребителям.

Двухступенчатая схема



- 1 – газораспределительная станция,
2 – газорегуляторный пункт (ГРП),
3 – сеть среднего давления (ССД),
4 – сеть низкого давления (СНД),
5 – ответвления к потребителям.

Трехступенчатая схема



- 1 – газорегуляторная станция,
2 – сеть высокого давления (СВД),
3 – газорегуляторные пункты (ГРП),
4 – сеть среднего давления (ССД),
5 – сеть низкого давления (СНД),
6 – промышленные предприятия,
7 – ответвления.

Рисунок 47 – Схемы газоснабжения в городах

Многоступенчатая схема

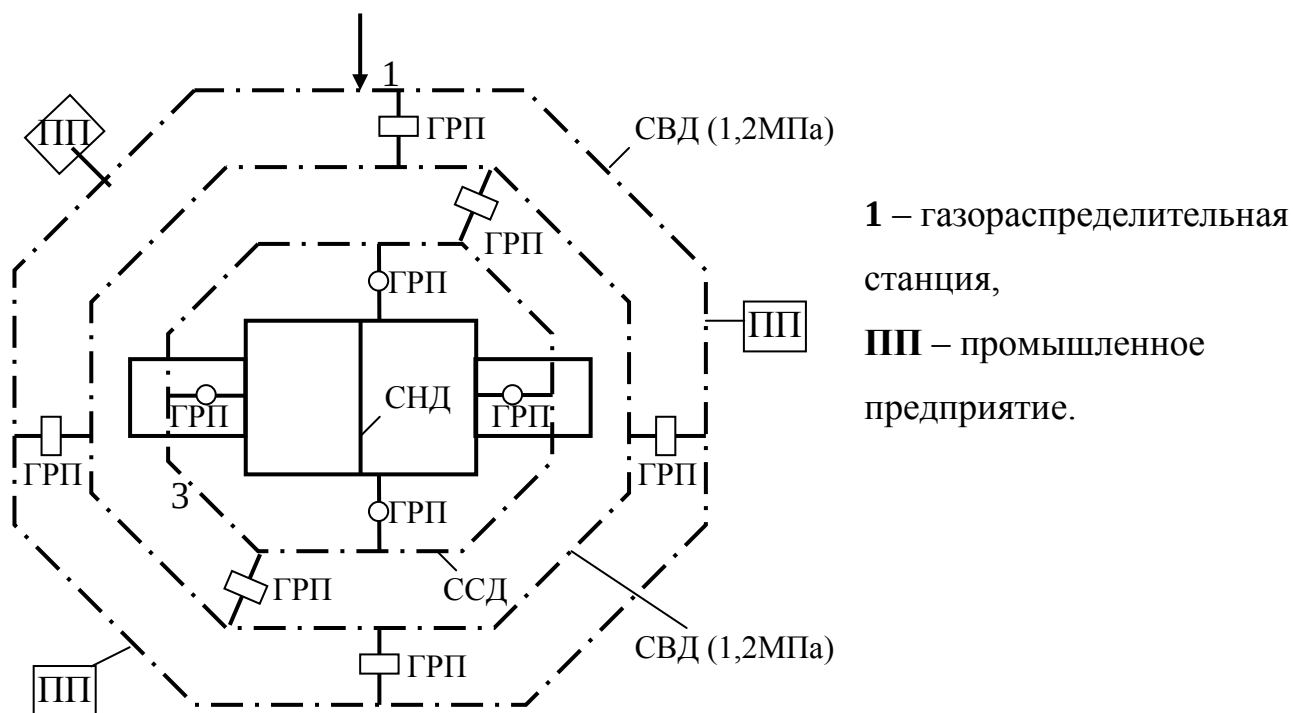


Рисунок 48 – Многоступенчатая схема газоснабжения

Газопроводы жилого дома присоединяют к внутриквартальным газопроводам низкого давления на расстоянии 6 м от здания. В каждой лестничной клетке прокладывают цокольный ввод и на каждом вводе снаружи здания устанавливают пробочный кран. Стойки прокладывают по кухням. На каждом ответвлении к стояку на первом этаже устанавливают отключающие краны. Перед каждым газовым прибором также ставят краны.

Газопроводы высокого давления трассируют по окраине населенного пункта или по районам с малой плотностью населения, а газопроводы среднего или низкого давления – по всем улицам, причем газопроводы больших диаметров по возможности следует прокладывать по улицам с неинтенсивным движением.

Тема 4.2 Принципы расчета газовых сетей

1. Особенности определения расчетных расходов.
2. Принципиальные особенности гидравлического расчета.
3. Соображения по выбору количества ГРС и ГРП.

В населенных местах газ расходуется жителями, коммунально-бытовыми предприятиями и учреждениями, автотранспортом, промышленностью и теплоэлектростанциями. Кроме того, он используется для отопления зданий.

Средние нормы расхода газа на различные нужды определяются по СНиП. Для жилых зданий с газовыми плитами и центральным горячим водоснабжением на 1 чел. в год требуется 2800 МДж (660 тыс. ккал).

Как населением, так и промышленностью газ потребляется неравномерно. Особенно неравномерно расходуется газ на нужды отопления, а в летнее время его расход на эти нужды прекращается вообще. Неравномерность потребления газа в отопительный период находится в прямой зависимости от температуры наружного воздуха.

В течение суток меняется расход газа и на бытовые нужды. Промышленные предприятия с непрерывным технологическим процессом потребляют газ более равномерно.

Систему газоснабжения рассчитывают на максимальный часовой расход, определяемый по совмещенному суточному графику потребления газа всеми потребителями.

Расчетный часовой расход газа (Q_d^h м³/ч) на хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды рекомендуется определять как долю годового расхода газа:

$$Q_d^h = K_{\max}^h \times Q_y ,$$

где $K_{\max}^h$ – коэффициент часового максимума (коэффициент перехода от годового расхода к максимальному часовому расходу газа);
 Q_y - годовой расход газа, м³.

Коэффициент максимума определяется по СНиП 2.04.08-87. Например, для жилой зоны от $K_{\max}^h = 1/1800$ до $K_{\max}^h = 1/3700$.

После определения расчетных часовых расходов и трассировки газовой сети производят ее расчет в следующем порядке:

1. Вычисляется удельный расход газа $Q_{уд}^f$ на единицу площади застройки в $\text{м}^3/(\text{ч} \times \text{га})$

$$Q_{уд}^f = Q^F / F.$$

2. По площадям, тяготеющим к отдельным кольцам (контурам), вычисляют расходы газа ($\text{м}^3/\text{ч}$) для отдельных колец

$$Q_k = \sum F' Q_{уд}^f,$$

где F' – площадь застройки, обслуживаемая кольцом, га.

3. Вычисляют удельные расходы газа, $\text{м}^3/(\text{ч} \times \text{м})$, отнесенные к единице длины параметров колец

$$Q_{уд}^l = Q_k / L,$$

где L – длина периметра кольца, га.

4. Определяют путевые расходы по участкам $Q_{пут}$ ($\text{м}^3/\text{ч}$) как произведение длины участка l (м) на сумму удельных расходов колец $\sum Q_{уд}^l$, с ним граничащих

$$Q_{пут} = l \sum Q_{уд}^l.$$

5. Определяют узловые расходы.
6. Намечают наиболее рациональные направления потоков.
7. Вычисляют расчетные расходы газа по отдельным участкам сети из условия $\sum q_{узн} = 0$.

При гидравлическом расчете газопроводов расход газа оценивается объемными и массовыми скоростями.

Объемная скорость газа V ($\text{м}^3/\text{с}$) определяется по формуле:

$$v = Q / F ,$$

где Q – объемный расход газа, м³/с,

F - площадь поперечного сечения трубопроводов.

Массовую скорость V_m кг/(м²×с) определяют по уравнению

$$v_m = G / F = Q \times \rho / F ,$$

где G – массовый расход газа,

ρ - плотность газа при данном давлении и температуре, кг/м³.

В пределах расчетных скоростей газы движутся по трубопроводам преимущественно в турбулентном режиме. Только в газопроводах малого диаметра при небольших скоростях движения газ может двигаться в ламинарном режиме.

Переход от одного режима к другому в напорных потоках происходит при **Re≈2320**. В процессе движения газа по трубам в связи с изменением давления изменяется и его объем, т.е. происходит изменение состояния газа. Различают три процесса изменения состояния газа:

- адиабатический (когда газ, нагреваясь при сжатии, не обменивается теплом с окружающей средой),
- изотермический (сжатие при постоянной температуре, когда температура отводится),
- политропический (когда теплота отбирается не полностью).

Так как обычно газопроводы прокладывают в грунте, где изменение температуры в период движения газа по трубе ничтожно мало, то для подземных трубопроводов наиболее вероятен изотермический процесс изменения состояния газа. Исходя из этого, его используют при гидравлическом расчете газопроводов.

Потери давления при турбулентном режиме вычисляют по формуле Дарси-Вейсбаха (и производных от нее):

$$\Delta P_{\text{турб}} = P_n - P_k = \lambda \times \frac{l}{d} \times \frac{v^2 \rho}{2}$$

где λ - безразмерный коэффициент трения, зависящий от характера движения потока и состояния поверхности стенок трубопровода.

При расчете газопроводов низкого давления, прокладываемых в условиях резко выраженного переменного рельефа местности, следует определять гидростатический напор, H_0 (Па), т.е. изменение давления газа при изменении высоты положений газопроводов по формуле

$$H_0 = \pm 9,81 h (\rho_v - \rho_g),$$

где ρ_v и ρ_g - плотность соответственно воздуха и газа при 0°C и 0,10132 МПа, г/м³;

h - разность геодезических отметок, м.

Расчетные потери давления в газопроводах высокого и среднего давления следует принимать в пределах давления, принятого для данного газопровода, а в распределительных газопроводах низкого давления - не более 1800 Па, в т.ч. в уличных и внутриквартальных сетях не более 1200, а в дворовых и внутренних - 600 Па. Гидравлический расчет кольцевой газовой сети аналогичен расчету водопроводной сети. Суть этого расчета сводится к такому распределению расходов по участкам газовой сети, при котором в каждом узле соблюдается условие $\sum Q_{\text{узн}} = 0$, а в каждом кольце $\sum h_k = 0$. Отличие расчета от водопроводной сети состоит в том, что показатель степени при расчете потерь напора для газопроводов низкого давления принимают $\alpha = 1,75$ (область гидравлически гладких труб при турбулентном режиме движения)

$$\sum P_i = S_i Q_i^\alpha \quad \text{и} \quad \sum P_i = P_{ni} - P_{ki}.$$

где «н» и «к» - индексы, относящиеся к началу и концу участка по движению газа.

Для газопроводов высокого и среднего давления $\alpha=2$ (квадратичная область турбулентного движения).

Потери давления газа на местные сопротивления обычно принимают в пределах 5...10% от потерь по длине сети.

Диаметры и протяженность газовых сетей в значительной степени зависят от количества и расположения ГРС. При выборе количества и мест размещения ГРС и ГРП необходимо учитывать поддержание заданного режима работы газовых сетей, возможности дублирования одного сооружения другим при аварии, соблюдения оптимального расстояния до наиболее удаленных точек, питаемых данным сооружением. Для приближенных расчетов рекомендуется принимать расстояние между ГРС по внешнему кольцу сети в пределах 10...15км, если на каждый километр длины кольца в среднем приходится 50...100тыс.м³ расхода газа в 1 сут., радиус действия ГРП 500...1000м и пропускную способность одного ГРП 500...5000 м³/ч.

Тема 4.3 Устройство газопроводов

1. Трубы, арматура и компенсаторы.
2. Особенности прокладки газопроводов.
3. Колодцы на сети.

Для прокладки газовых сетей различного назначения используются стальные (бесшовные и сварные) и пластмассовые (полиэтиленовые и винипластовые) трубы.

Выбор стальных труб для конкретных условий трассировки газопроводов должен производиться в соответствии с «Инструкцией по применению стальных труб для строительства систем газоснабжения».

Диаметр газопроводов и толщину из стенок определяют расчетом. Однако независимо от расчета толщина стенок надземного газопровода должна быть не менее 2 мм, а подземного – 3 мм. Минимальный диаметр подземных газопроводов: для распределительных сетей – 50 мм, для ответвлений к потребителям – 25 мм.

Стальные газопроводы, прокладываемые в земле, соединяются сваркой. Резьбовые соединения труб и арматуры при подземных прокладках газопроводов не допускаются. Фланцевые соединения допускаются только в колодцах, в местах установки арматуры с фланцами, а также при установке компенсаторов и других деталей.

Достоинством пластмассовых труб являются высокая коррозионная стойкость, небольшая масса, а также более легкость обработки. Для подземных газопроводов используются главным образом полиэтиленовые (наружным диаметром до 630 мм) и винипластовые (диаметром до 150 мм) трубы. К недостаткам пластмассовых труб следует отнести высокий коэффициент линейного расширения и ограниченность температурных пределов, в которых они могут работать: полиэтиленовые – от -60°C до $+40^{\circ}\text{C}$ и винипластовые – от 0°C до $+45^{\circ}\text{C}$.

Для управления работой сети и обеспечения ее нормальной функции на ней устанавливают запорно-регулирующую арматуру, конденсатосборники, гидравлические затворы, компенсаторы. При монтаже газовой сети используются также соответствующие стальные фасонные части (отводы, колена, тройники, крестовины, переходы и т.п.).

Для прекращения подачи или изменения расхода потока газа в трубопроводе на магистральных сетях высокого и среднего давления устанавливают задвижки. На распределительных газопроводах низкого давления (включая ответвления и вводы) устанавливают задвижки, краны и гидравлические затворы. Задвижки могут устанавливаться в колодцах или непосредственно в земле. Для защиты концов трубок для удаления конденсата устраивают металлические коверы на кирпичном, бетонном или ином твердом основании.

Для сбора влаги из газа и ее удаления применяют сборники конденсата.

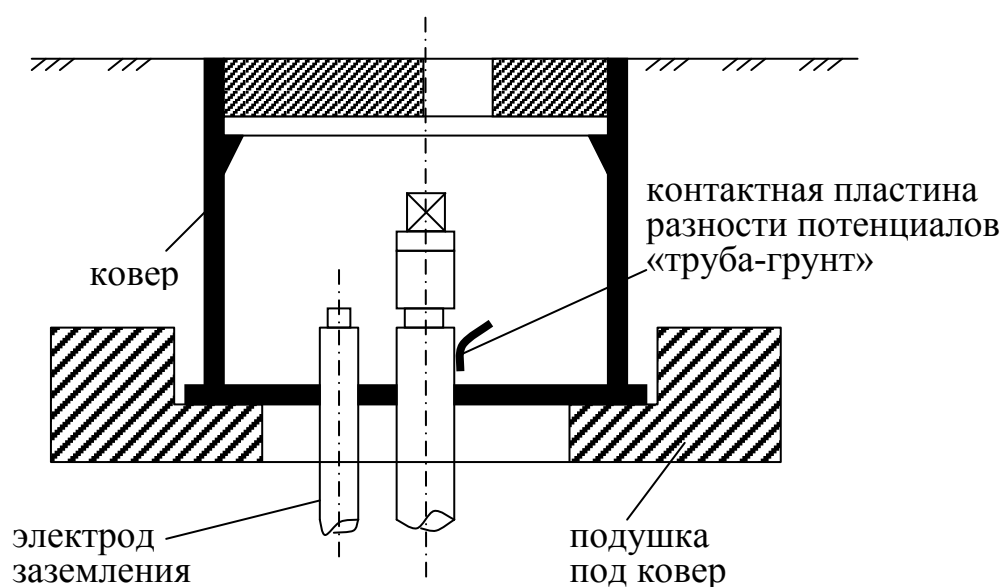


Рисунок 47 – Установка ковера

Колебания температуры грунта вызывают изменение напряжений в газопроводах и арматуре на них установленной. С целью снижения этих напряжений, а также для удобства демонтажа и последующей установки задвижек применяют компенсаторы. При подземных прокладках газопроводов

наибольшее распространение получили линзовые компенсаторы, которые устанавливаются в колодцах, как правило, совместно с задвижками или без них.

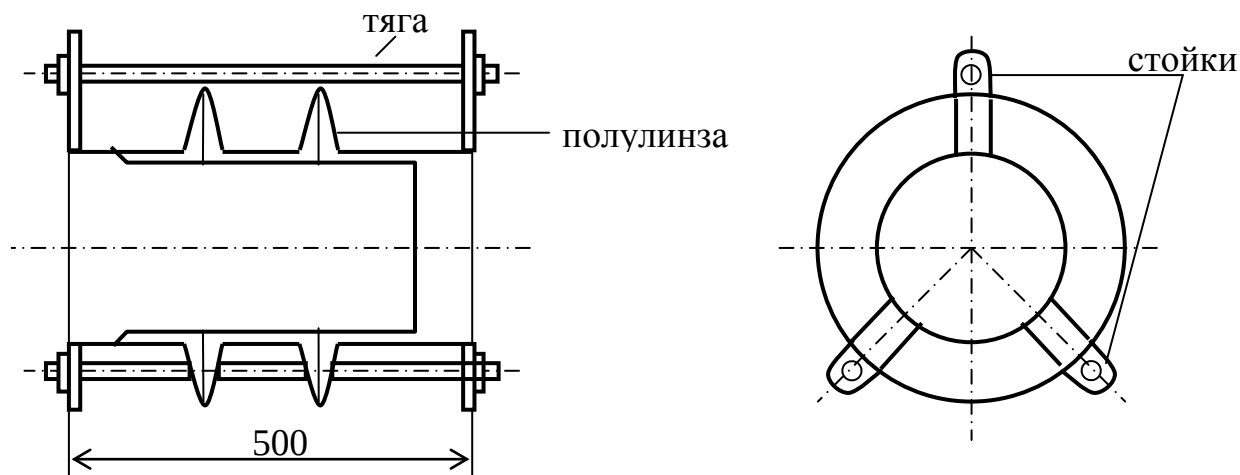


Рисунок 48 – Линзовый компенсатор

Кроме того, применяют сальниковые компенсаторы, П-образные компенсаторы, а также лирообразные компенсаторы.

Газовые сети обычно прокладывают в земле. На территориях промышленных и коммунально-бытовых предприятий возможно применение надземной прокладки по стенам и крышам зданий, по колоннам и эстакадам. Допускается надземная прокладка внутриквартальных (дворовых) газопроводов на опорах и по фасадам зданий.

Разрешается прокладывать два и более газопровода в одной траншее, но в этом случае расстояния между газопроводами в свету следует назначать из условий удобства монтажа и ремонта трубопроводов ($\geq 0,4$ м при $d < 300$ мм и $\geq 0,5$ м при больших диаметрах). При пересечении газопроводами каналов теплосети, канализационных коллекторов и тоннелей их прокладывают в футлярах, выходящих за наружные стенки пересекаемых сооружений на 2 м с каждой стороны. Переходы газопроводов через реки, каналы и другие водные преграды осуществляются подводными (дюкерами) и надводными (по мостам, эстакадам и др.) способами. Газопроводы, транспортирующие влажный газ, прокладывают ниже уровня промерзания грунта (считая до верха трубы). Для стока и удаления конденсируемой влаги их кладут с уклонами не менее 0,002 и

в нижних точках размещают сборники конденсата. Газопроводы, транспортирующие осушенный газ, прокладывают в зоне промерзания грунта на глубине не менее 0,8 м от поверхности земли (до верха газопровода или футляра). В местах, где не предусмотрено движение транспорта, глубину прокладки допускается уменьшать до 0,6 м.

При устройстве надземных переходов газопроводы целесообразно подвешивать к конструкциям существующих металлических и железобетонных мостов или же сооружать для них специальные мосты. Иногда в таких случаях используется несущая способность самих труб путем устройства из них арочных и других переходов (рис.49).

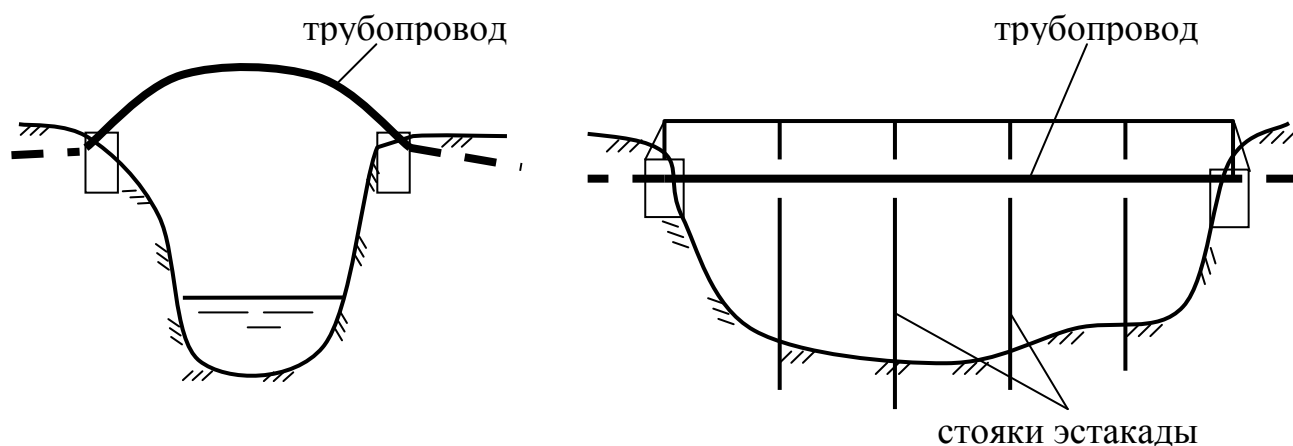


Рисунок 49 – Надземные переходы газопроводов

При пересечении газопроводами высокого давления железнодорожных и трамвайных путей по действующим правилам Госгортехнадзора сети следует прокладывать в футлярах из стальных труб, диаметр которых должен быть на 100 мм больше диаметра трубы. Футляр оборудуется контрольной трубкой. На переходе также устанавливается отводная труба с дефлектором и сальником. На концах перехода предусматриваются задвижки (для тупиковых сетей – с одной стороны, на кольцевых – с двух).

В местах установки отключающих устройств и компенсаторов на подземных газопроводах предусматриваются колодцы (рис.50). Колодцы выполняют из бетона, железобетона, кирпича.

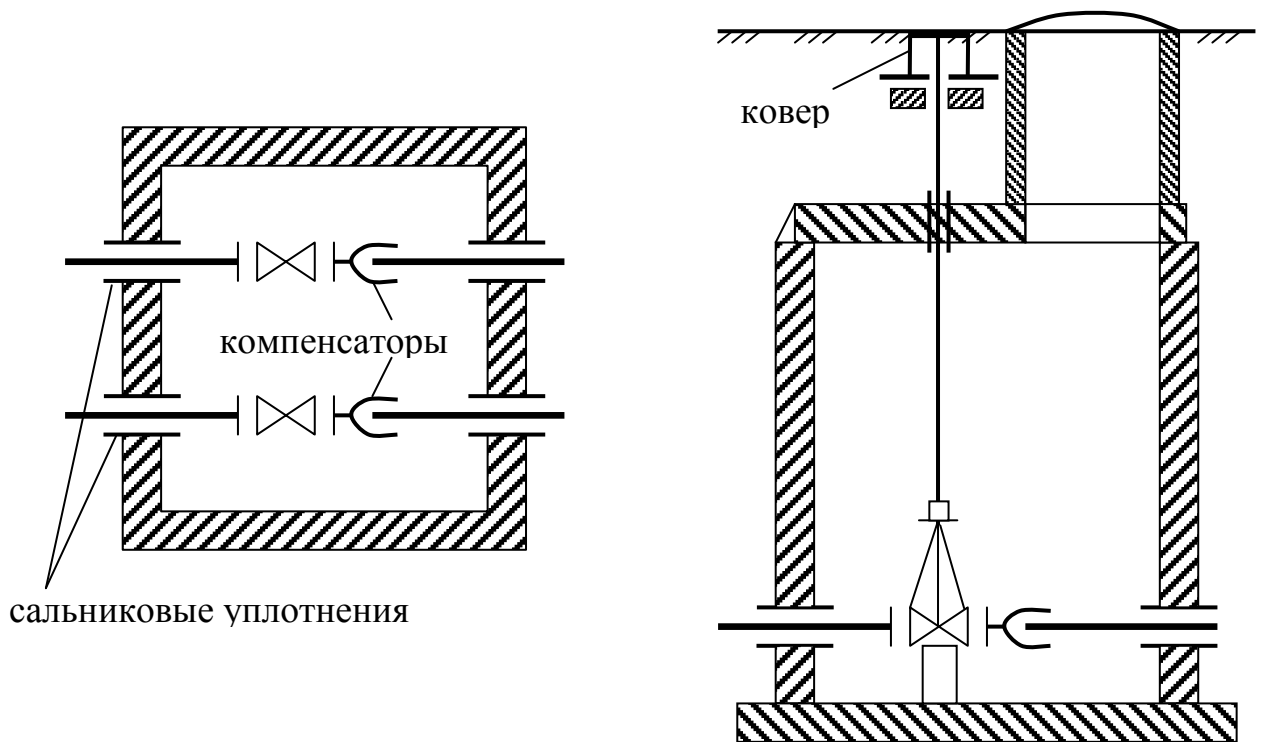


Рисунок 50 – Колодец на газопроводе

Схемы колодцев на газовых сетях могут быть разными в зависимости от назначения и количества отключающих устройств. Так как в период эксплуатации в колодцах может скапливаться газ, способный образовывать с воздухом взрывоопасную смесь, количество располагаемых в колодцах задвижек должно быть минимальным. На сети низкого давления задвижки необходимо устанавливать только в случаях острой необходимости.

Часть 5. Городские электрические сети

Тема 5.1 Общие сведения о системах электроснабжения

1. Единая энергетическая система.
2. Системы электроснабжения городов.
3. Схемы городских электрических сетей.

Населенные места снабжаются электроэнергией централизованно, т.е. от действующих в данном месте электроэнергетических объектов (воздушных линий, электростанций), являющихся элементами энергосистем. Только при невозможности или нецелесообразности подобного присоединения ввиду удаленности населенных пунктов или наличия естественных природных преград (проливов, горных массивов) требуется проектирование самостоятельных электростанций.

Энергетической системой (энергосистемой) называется совокупность электростанций, энергетических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения энергии. Украина имеет единую энергосистему, которая базируется на тепловых, атомных и гидроэлектростанциях и системе электропередач. К единой энергетической системе подключаются системы электроснабжения городов.

Система электроснабжения города включает в себя элементы энергетической системы, обеспечивающие распределение электроэнергии потребителям, такие как:

- электроснабжающие сети высокого напряжения 110 (35) кВ и выше, содержащие кольцевые сети с понижающими подстанциями (ПС), линии и подстанции глубокий вводов;
- распределительные сети напряжением 10(6)...20кВ, содержащие трансформаторные подстанции (ТП) и линии, соединяющие центры питания с ТП и ТП между собой;

- распределительные сети до 1000 В;
- электрические станции, в качестве которых обычно используются теплоэлектростанции, обеспечивающие тепловой и частично электрической энергией коммунально-бытовые и промышленные объекты.

К понижающим подстанциям относятся:

- городские подстанции (35...220кВ), располагающиеся в непосредственной близости к границам города;
- подстанции глубоких вводов (110...220кВ), сооруженные непосредственно на территории районов и в промышленных зонах крупных городов (под подстанцией глубокого ввода понимается закрытая подстанция, расположенная в жилой или промышленной зоне города, питаемая радиальной зарезервированной воздушной или кабельной линией электропередачи);
- трансформаторные подстанции (10...20/0,38кВ) коммунально-бытовых и промышленных потребителей энергии.

Структура системы электроснабжения города характеризуется схемой, приведенной на рис.51.

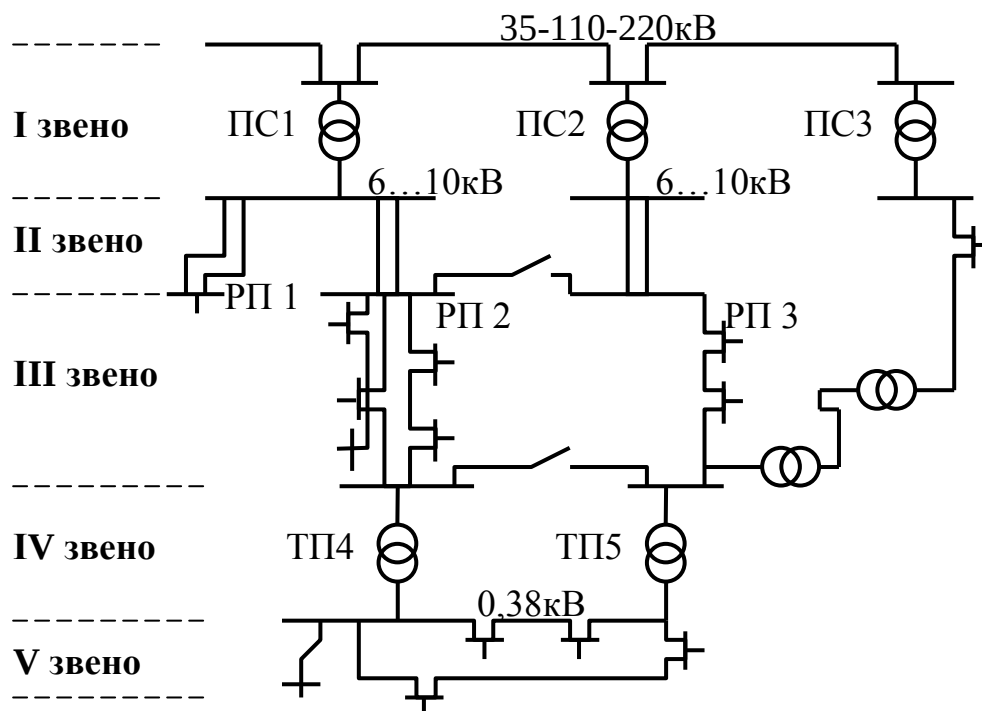


Рисунок 51 - Схема электроснабжения города

I звено – совокупность понижающих подстанций ПС,

II звено – совокупность питающих линий и РП,

III звено – распределительная сеть, которая питается как от РП, так и непосредственно от центров питания,

IV звено – трансформаторная подстанция распределительных сетей,

V звено – распределительная сеть 0,35 кВ.

Электроснабжающая сеть выполняет две основные функции:

- обеспечивает параллельную работу источников питания,
- распределяет энергию среди районов города.

Такая сеть выполняется в виде кольца. Напряжение кольцевой сети определяется размерами города, и для крупных городов оно должно быть 110...220кВ.

Схемы питания 6...10кВ используются в системах электроснабжения крупных промышленных и коммунальных предприятий, а также для питания городской распределительной сети общего применения.

Распределительные сети в зависимости от уровня надежности потребителей подразделяются на следующие виды:

- Простейшие радиальные сети с минимальной надежностью (рис.52).

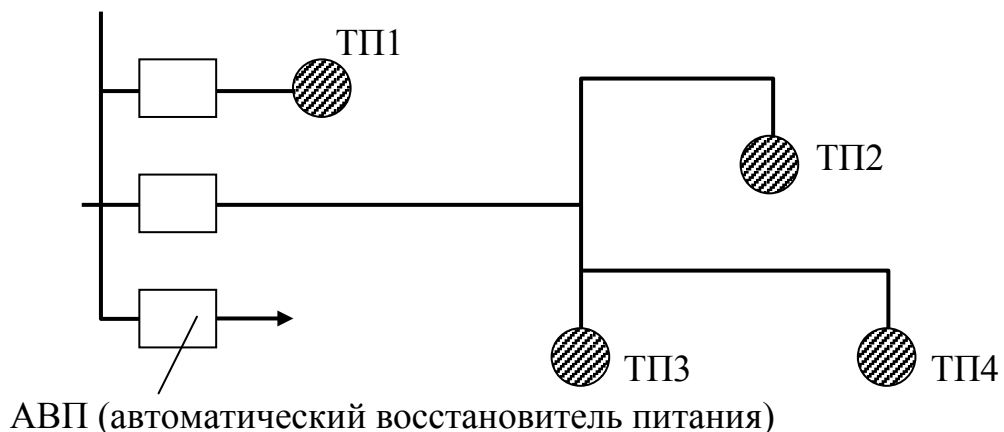


Рисунок 52 - Радиальная сеть

- Петлевые схемы (имеющие двухсторонне питание) как наиболее распространенные для распределительных сетей города (рис.53).

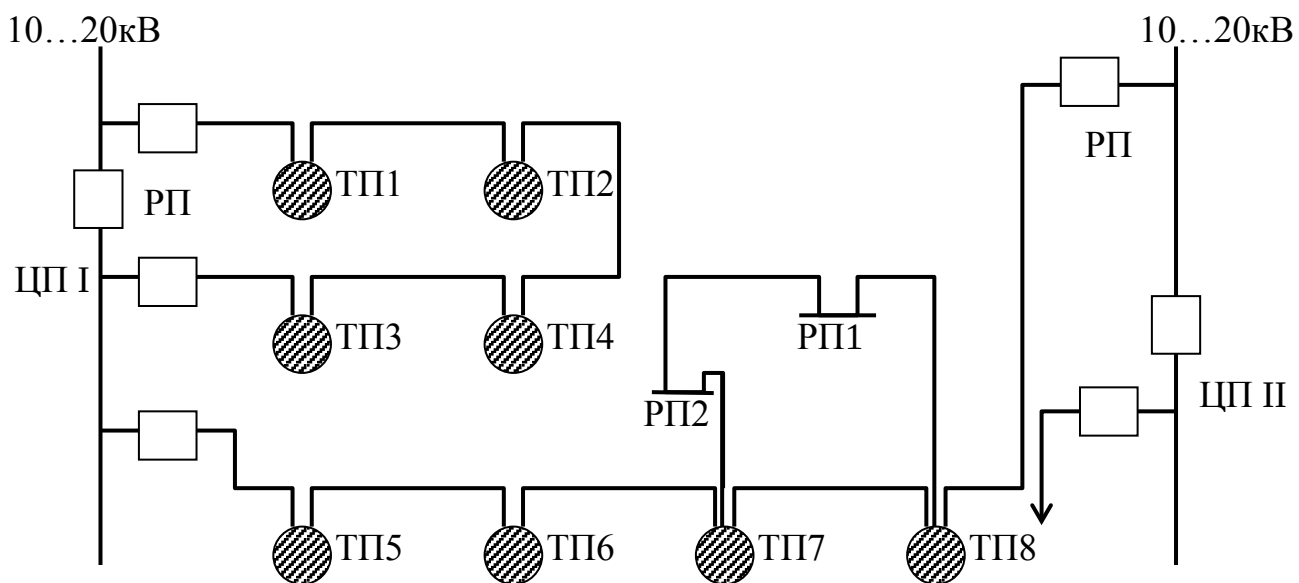


Рисунок 53 – Петлевая схема сети

- Петлевые автоматизированные сети (автоматический ввод резерва применяется для наиболее ответственных потребителей)

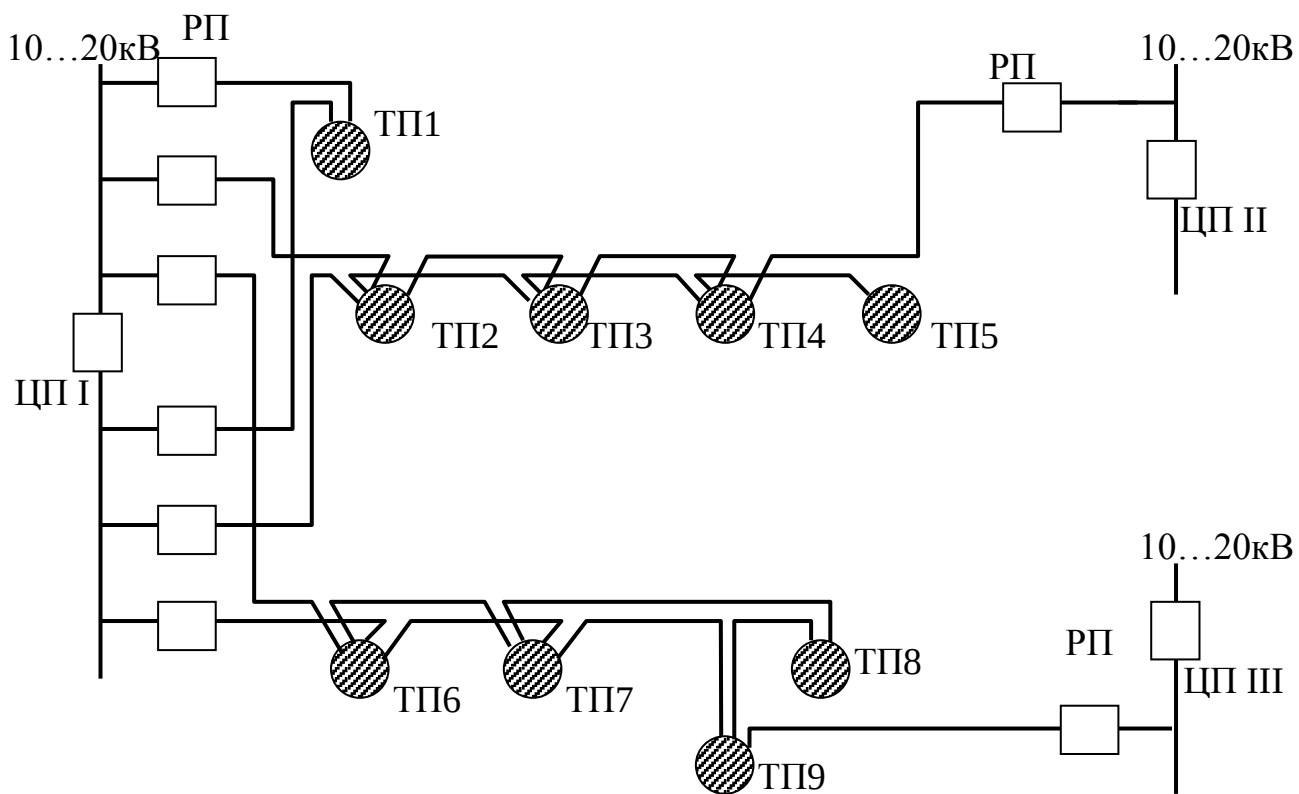


Рисунок 54 – Петлевая автоматизированная сеть

На схему энергоснабжения оказывает влияние и требуемая его надежность. По надежности электроприемники делятся на 3 категории. К первой категории относятся электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства. Электроприемники первой категории должны обеспечиваться от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Перерыв электроснабжения от одного из источников питания для этой категории может допущен лишь на время автоматического восстановления питания. При особых требованиях по надежности к некоторым электроприемникам I категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимного резервирующего источника питания.

Ко второй группе относятся электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому уменьшению выработки продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности жителей города. Электроприемники II категории обеспечиваются электроэнергией от двух независимых источников питания. При нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы, необходимые для включения резервного питания дежурным персоналом. Допустимо питание электроприемников одной воздушной линией (ВЛ) или двухцепной кабельной при обеспечении аварийного ремонта этой линии за время не более 1 суток.

К III категории относятся все остальные электроприемники, не подходящие к первым двум. Питание этих приемников допускается от одного источника питания при условии ремонта системы в течение не более суток.

Тема 5.2 Некоторые принципы проектирования систем электроснабжения

1. Суточные графики электрической нагрузки.
2. Определение потребности в электроэнергии.
3. Задачи и методы расчета электрических нагрузок.
4. Принципы определения сечения проводов электрических цепей.

Суточный график нагрузки энергосистемы (рис.55) условно делится на три характерных зоны: **базисный** режим, расположенный ниже линии минимальной нагрузки, **полупиковый** – между линиями минимальной и среднесуточной нагрузок, **пиковый** – выше среднесуточной нагрузки.

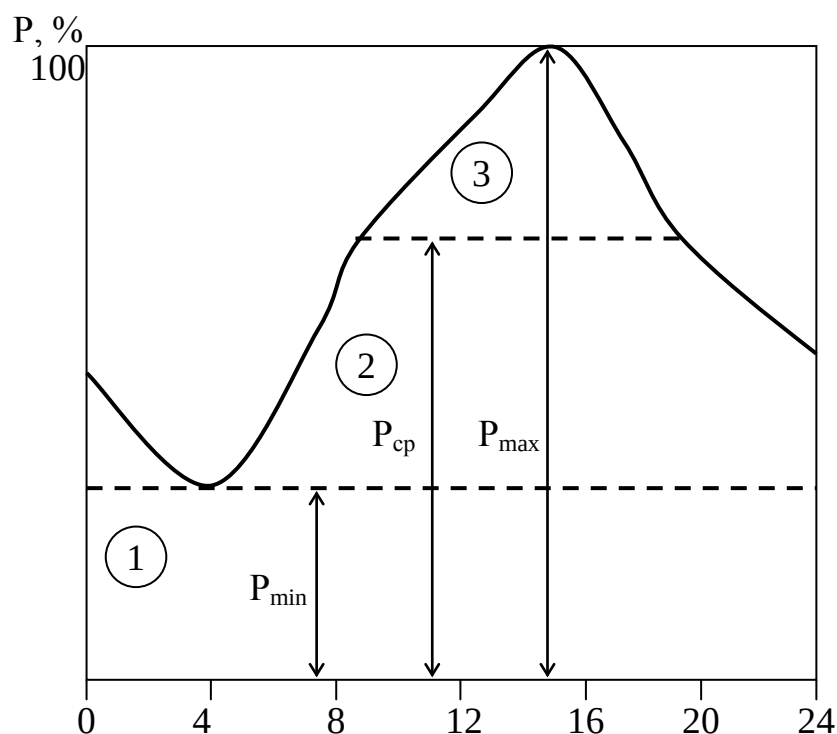


Рисунок 55 – Суточный график нагрузки энергосистемы

Различные типы электростанций имеют существенно отличающиеся друг от друга режимы работы. Гидроэлектростанции рассчитаны, как правило, на пиковый режим работы с кратковременным (2...6ч в сутки) использованием полной мощности в часы максимальной нагрузки. Годовое число часов использования установленной мощности ГЭС составляет 2...3тыс.

Теплофикационные станции (ТЭС) нашли широкое применение в городах в качестве комбинированных источников, производящих тепло и электроэнергию. Работа ТЭС в годовом графике нагрузки связана с полупиковыми и базисными режимами. Изменение потребности в тепловой мощности ТЭС в течение суток ограничивается в среднем 5...15%. В наиболее напряженный зимний период режим работы ТЭС практически полностью определяется условиями теплоснабжения. Годовое количество часов использования данных станций составляет 3500...6000.

Для атомных станций характерна работа в базисном режиме с высоким годовым временем использования (до 6000...6500 ч).

Годовое число часов использования максимальной мощности $T(\text{ч})$, равно

$$T = A / P_{\max} ,$$

где A – годовая выработка электроэнергии в кВт×ч,

$P_{\max}$ – максимальная нагрузка, кВт.

Среднечасовая нагрузка $P_{\text{ср}}$ определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = W_{\text{сут}} / 24 ,$$

где $W_{\text{сут}}$ – выработка электроэнергии в течение суток, кВт×ч.

Плотность графика нагрузки β составляет:

$$\beta = P_{\text{ср}} / P_{\max} .$$

Вместо показателя β можно использовать аналогичное понятие – коэффициент нагрузки (коэффициент заполнения графика):

$$\alpha = T / 8760 ,$$

где 8760 – число часов в году.

Основными потребителями электроэнергии, вырабатываемой на электростанциях, являются промышленные предприятия, жилищно-бытовые

объекты, электрифицированный транспорт. Часть вырабатываемой энергии расходуется на собственные нужды электростанций.

Метод расчета и прогнозирования электропотребления базируется на применении укрупненных удельных норм или обобщенных показателей расхода электроэнергии с учетом плановых данных по развитию отраслей народного хозяйства.

Для промышленных нужд нагрузки устанавливаются по технологическим данным, а для остальных – рассчитываются по действующим нормативам. Общая потребность в электроэнергии для промпредприятия равна:

$$W = W_{уд} M ,$$

где $W_{уд}$ – удельная норма расхода электроэнергии, кВт×ч,
 M - годовой объем выпускаемой продукции.

Потребители электроэнергии, расходуемой на коммунально-бытовые нужды, подразделяются на жилые и общественные секторы. Расход (кВт×ч) электроэнергии на нужды быта и сферы обслуживания городов оценивается на основе данных о количестве населения города и удельных норм расхода электроэнергии.

На одного человека города по нормам предусматривается расход электроэнергии в количестве

$$1090 \text{ кВт} \times \text{ч} / (\text{год} \times \text{чел})$$

В основе определения расчетных нагрузок жилых зданий лежит расчетная нагрузка на одного потребителя, в качестве которого выступает семья или квартира. Расчетная активная нагрузка на вводе в жилое здание $P_{ж.зд.}$ определяется выражением:

$$P_{ж.зд} = P_{кв.} + K_{н.макс} \times P_c ,$$

где $P_{кв.}$ – расчетная нагрузка от квартир,

$K_{н.макс}$ - коэффициент несовпадения максимумов нагрузки от квартир и силовых электроприемников,

P_c - расчетная нагрузка силовых электроприемников.

Электрические нагрузки наружного освещения ориентировочно определяются, исходя из расхода 40...50 Вт на 1 м длины городских проездов.

Расход электроэнергии на собственные нужды электростанций колеблется в пределах 3...14 %.

Расход электроэнергии, связанный с ее передачей и распределением в электрических сетях в зависимости от напряжения составляет 0,5...4,5 %.

Электрические нагрузки определяют режимы электрических сетей, на основе которых решаются задачи по определению необходимых параметров.

Расчетная нагрузка отдельных объектов низковольтной сети P_p определяется исходя из установленной мощности $P_{уст}$ и коэффициента спроса K_c , который представляет собой отношение расчетной потребляемой мощности $P_{\max}$ к установленной мощности $P_{уст}$ электроприемников:

$$P_p = P_{уст} \times K_c,$$

где $K_c=0,3...0,9$.

Одной из важнейших задач расчетов электрических сетей являются определение параметров элементов сети, выбор сечения проводов.

Основной способ определения сечения провода в нормальном режиме связан с выбором провода по экономической плотности тока.

Сети высокого напряжения 110 кВ проверяют на допустимые потери напряжения. Для сетей 10 кВ и ниже проверка осуществляется по условиям допустимой нагрузки по нагреву. Проверка по условиям нагрева проводов токами короткого замыкания проводится для сетей, не защищенных плавкими вставками. Сечения проводов проверяются также и в расчетных аварийных режимах, где перегрузка кабелей возможна до 30 %.

Понятие экономической плотности тока связано в технико-экономическом сравнении вариантов выполнения электрической сети. Экономическим критерием, определяющим наивыгоднейший вариант, является минимум приведенных годовых затрат.

Сеть высокого напряжения рассчитывается примерно на 5% потерь напряжения, при этом доля потерь для внутридомовой сети низкого напряжения составляет от 1 до 2,5 %.

Сечения проводников должны удовлетворять условиям допустимого нагрева в нормальных и послеаварийных режимах, а также в период ремонта. Проверка по условию нагрева проводов токами сети $J(A)$ (длительная токовая нагрузка) заключается в выполнении условия:

$$J \leq J_{\partial} \times n \times k ,$$

где J_{∂} – допустимая длительная нагрузка,

n - число проводов,

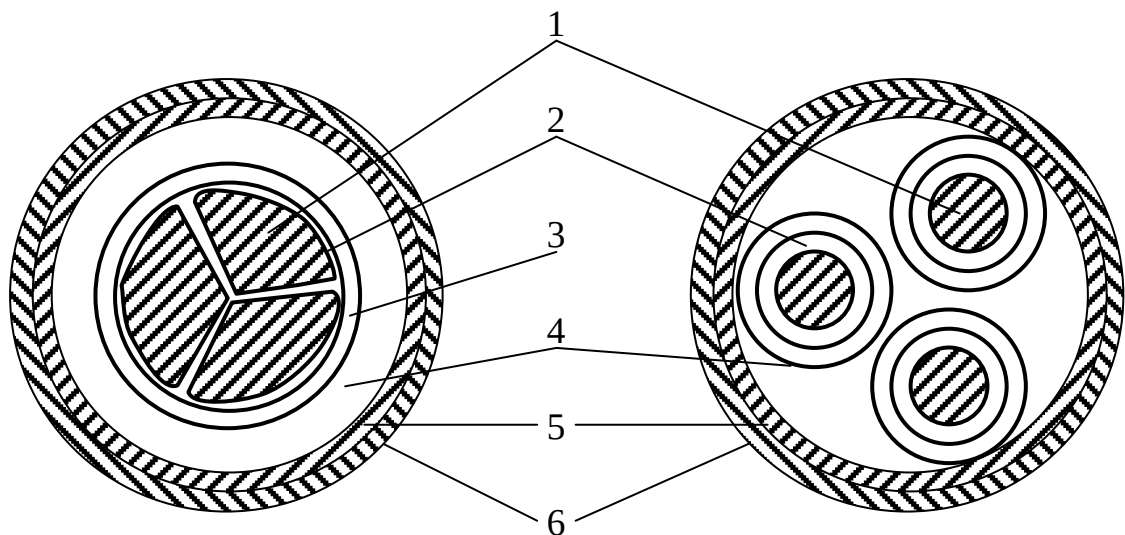
k - поправочный коэффициент на температуру среды, число проводов и пр.

Проверке на термическую стойкость проводников при коротких замыканиях подлежат кабельные линии, сборные шины и шинопроводы. По данному условию не проверяются провода воздушных линий, а также кабельные линии, защищенные плавкими предохранителями.

Тема 5.3 Некоторые особенности устройства электрических сетей

1. Кабельные линии и их прокладка.
2. Прокладка электрических линий через преграды.

Для передачи электроэнергии используются кабельные и воздушные линии. Токоведущие жилы кабелей выполняют из меди или алюминия. Различают кабели с изоляцией из бумажных лент со специальной пропиткой, из резины и из пластмассы. Для кабелей высокого напряжения (110...525 кВ) применяют маслонаполненные трубопроводы. При прокладке кабелей в местах с возможными механическими воздействиями используют бронепокровы. Броня выполняется из стальной ленты или проволоки (рис.56).



Кабель на напряжение
1...10кВ с бум.изоляцией

Кабель на напряжение
1...10кВ с резиновой изоляцией

- 1 – токоведущая жила,
- 2 – фазная изоляция,
- 3 – поясная изоляция,
- 4 – свинцовая или алюминиевая оболочка,
- 5 – броня,
- 6 – защитные покровы.

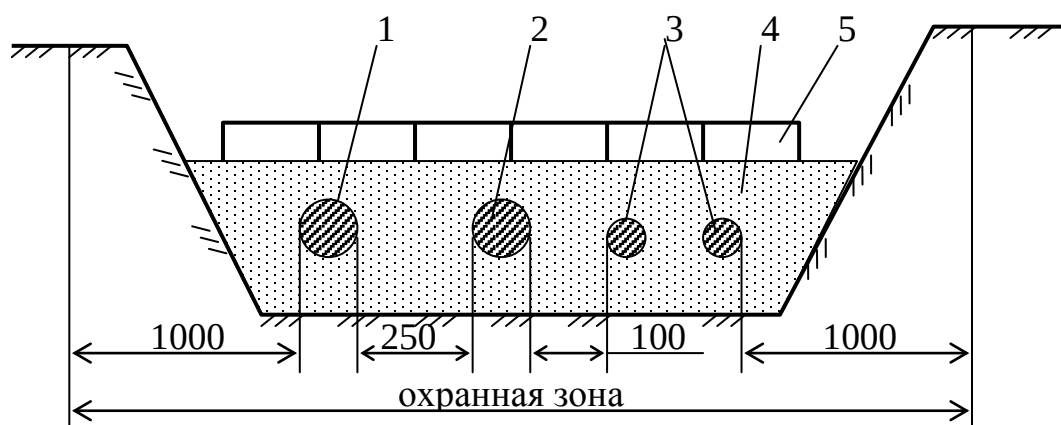
Рисунок 56 – Конструкция кабелей

В настоящее время применяют, как правило, кабели с алюминиевыми жилами в алюминиевой или пластмассовой оболочке.

При прокладке трассы кабельной линии необходимо избегать участков с агрессивными грунтами по отношению к металлическим оболочкам кабелей. Укладывают кабели с запасом по длине с учетом возможных смещений почвы и температурных деформаций самого кабеля.

Кабели прокладываются в траншеях, каналах или в тоннелях (рис.57 и рис.58).

Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки 0,7...1,5 м при изменении напряжения от 20 кВ до 110...220 кВ.



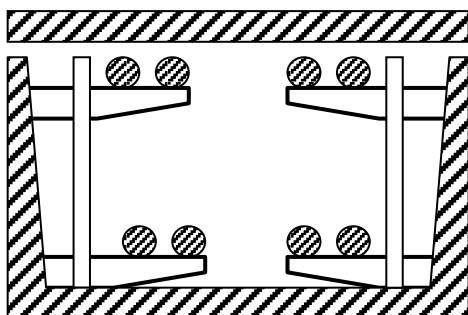
- 1 – кабель на напряжение 35кВ,
- 2 – кабель на 10 кВ,
- 3 – контрольные кабели,
- 4 – мягкий грунт или песок,
- 5 – кирпич или железобетонные плиты.

Рисунок 57 – Прокладка кабелей в траншее

Если трасса кабельной линии проходит через участки, насыщенные различными коммуникациями, а также существует необходимость защиты кабелей от механических повреждений и блуждающих токов, то применяются блоки. Блоки выполняются преимущественно из железобетонных панелей или асбестоцементных труб.

Если количество кабелей в одном направлении больше 20, то используются кабельные каналы или тоннели.

Кабельный канал



Тоннель

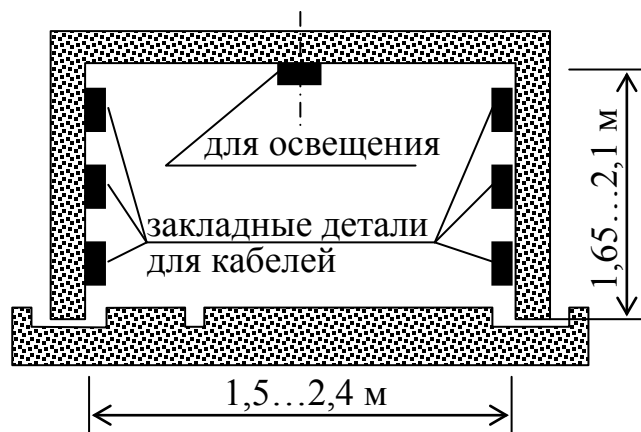


Рисунок 58 – Прокладка кабелей в каналах и тоннелях

Кабельные тоннели засыпают слоем земли не менее 30 см.

Часть 6. Телефонные кабельные сети

Тема 6.1 Особенности трассировки, прокладки и устройства телефонных кабельных сетей

Основы прокладки и устройства этих сетей совпадают с принципами построения силовых электрических сетей.

Основным элементом ГТС являются подземные трубопроводы, прокладываемые под пешеходными и проезжими частями улиц. Основой ГТС является кабельная канализация, монтируемая из асбестоцементных, полиэтиленовых труб, бетонных блоков с количеством каналов от 1 до 48 и более. На сети через расстояние не более 150 м устанавливаются смотровые колодцы. Бетонные трубы допускают прокладку в несколько рядов со сдвигом стыков верхнего ряда на 150...200мм относительно стыков нижнего ряда. Ввод кабелей в здание от городской АТС осуществляется или из распределительных шкафов, или непосредственно от коммутационного щита ГТС. Он может быть подземным или воздушным.

Подземная кабельная канализация вводится непосредственно в подвал или техническое подполье, а также на наружные стены боковых фасадов через коллекторы малого сечения. Возможен подвод до стены здания бронированного кабеля с выводом по трубопроводу на стену.

Для предотвращения попадания влаги в кабель при повреждениях и обеспечения систематического контроля оболочки и муфт кабель устанавливают под постоянное избыточное воздушное давление (0,05...0,1МПа). Для содержания кабелей ГТС под избыточным давлением используют стационарные и передвижные компрессорные установки. При эксплуатации кабелей контролируются величина воздушного давления, а также расход воздуха, нагнетаемого в кабель.

К городским кабельным сетям применяют меры по защите частей ГТС от коррозии. Основные причины коррозии оболочек кабелей: токи утечки

электрических установок постоянного тока (в основном от электрифицированного транспорта), электрические процессы в агрессивной среде почвы. Для защиты от коррозии применяют следующие средства: изолирующие защитные покровы, изолирующие трубки и коллекторы, укладка соответствующих кабелей, а также электрохимическая защита катодными установками.

Кабельные телефонные сети выполняются также на столбах линий связи. Такая линия связи начинается с кабельной опоры, оборудованной кабельными ящиками и кабельной площадкой. Опоры линий устанавливаются, как правило, на пешеходной части улиц, а кабель подвешивают на семижильном стальном канате. При проведении ГТС по крышам домов и для подвески распределительных кабелей применяют стоечные линии. Трасса прокладывается по стоечным опорам, устанавливаемым, как правило, по гребням крыш. Длина пролета между опорами не должна превышать 80 м.

Часть 7. Размещение подземных сетей на территории населенных мест

1. Размещение подземных сетей на территории города в плане.
2. Размещение инженерных сетей в поперечном разрезе улиц.
3. Особенности совместной прокладки в каналах.

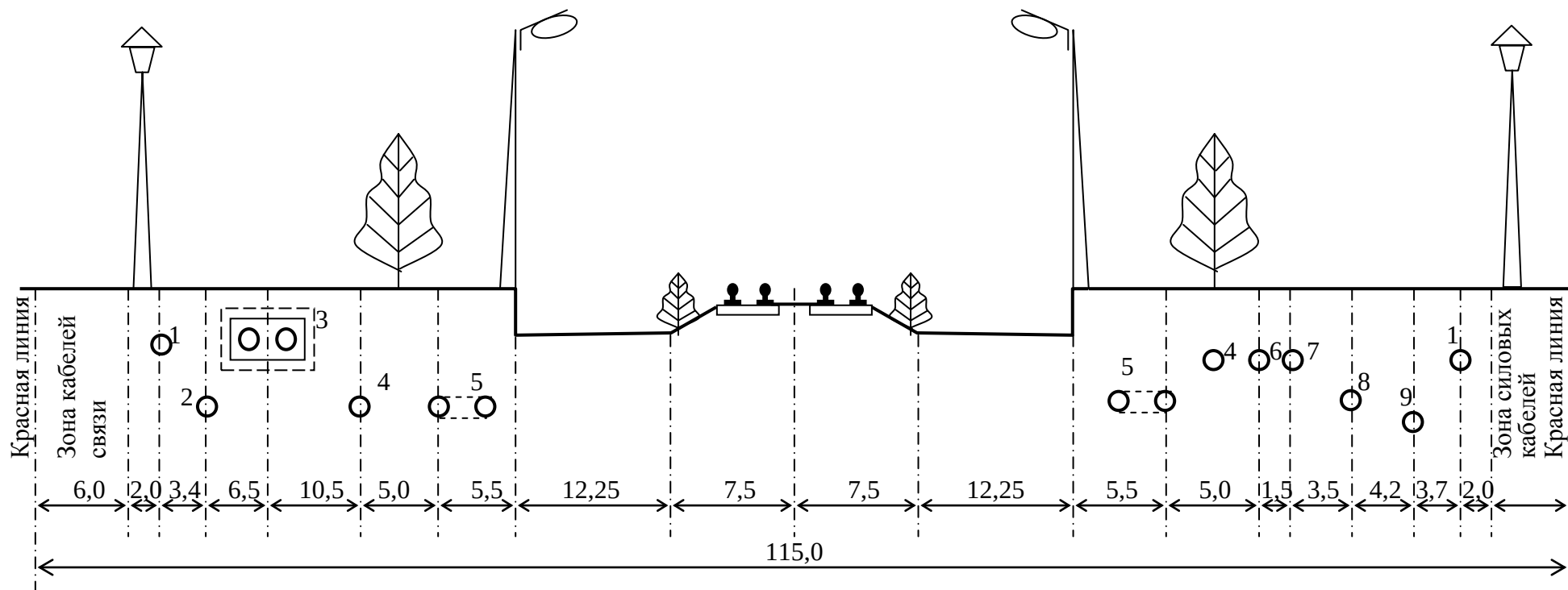
Инженерное оборудование населенных мест, представляющее собой комплекс технических устройств, предназначено для обеспечения комфортных условий быта и трудовой деятельности населения, коммунальных и промышленных предприятий.

Магистральные городские и районные сети водоснабжения и теплоснабжения по возможности трассируются по местности с повышенными отметками, а газопроводы – по местности с пониженными отметками. Это позволяет более рационально использовать напоры в сетях. По экономическим соображениям магистральные районные сети трассируются таким образом, чтобы ширина полосы, обслуживаемой ими территории была равна ширине территории микрорайона (0,8...1,5км). Инженерные сети прокладываются преимущественно по улицам и дорогам. Для этой цели в поперечных профилях улиц и дорог предусматриваются места для укладки сетей различного назначения (рис.59÷61).

Обычно на полосе между красной линией и линией застройки укладываются кабельные сети (силовые, связи, сигнализации, диспетчеризации); под тротуарами – тепловые сети или проходные каналы; на разделительных полосах – водопровод, газопровод, хозяйственно-бытовая канализация.

Размещение подземных сетей по отношению к зданиям, сооружениям и зеленым насаждениям и их взаимное расположение должны исключать возможность подмыва фундаментов зданий и сооружений, повреждения близко находящихся сетей и зеленых насаждений, а также обеспечивать возможность ремонта сетей без затруднения для движения городского транспорта.

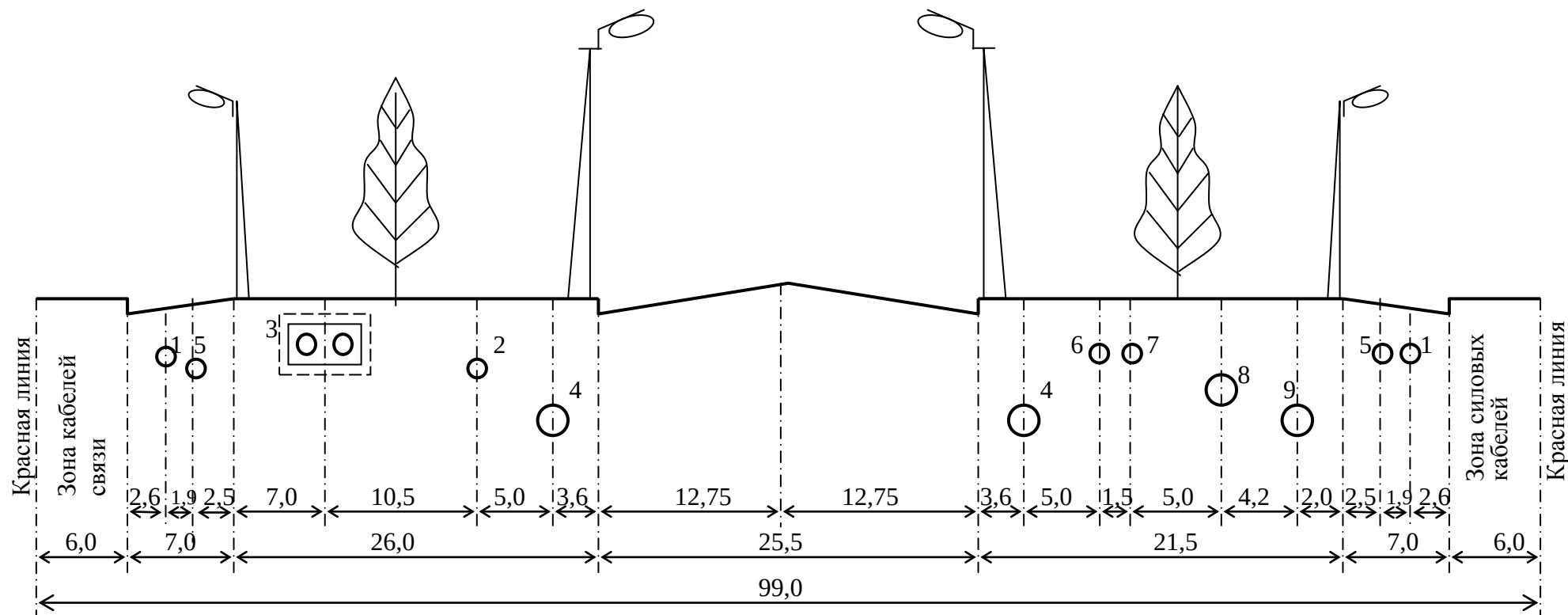
Расположение инженерных сетей на магистральных улицах общегородского значения с трамвайной полосой



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

Рисунок 59 – Пример расположения инженерных сетей на городских проездах

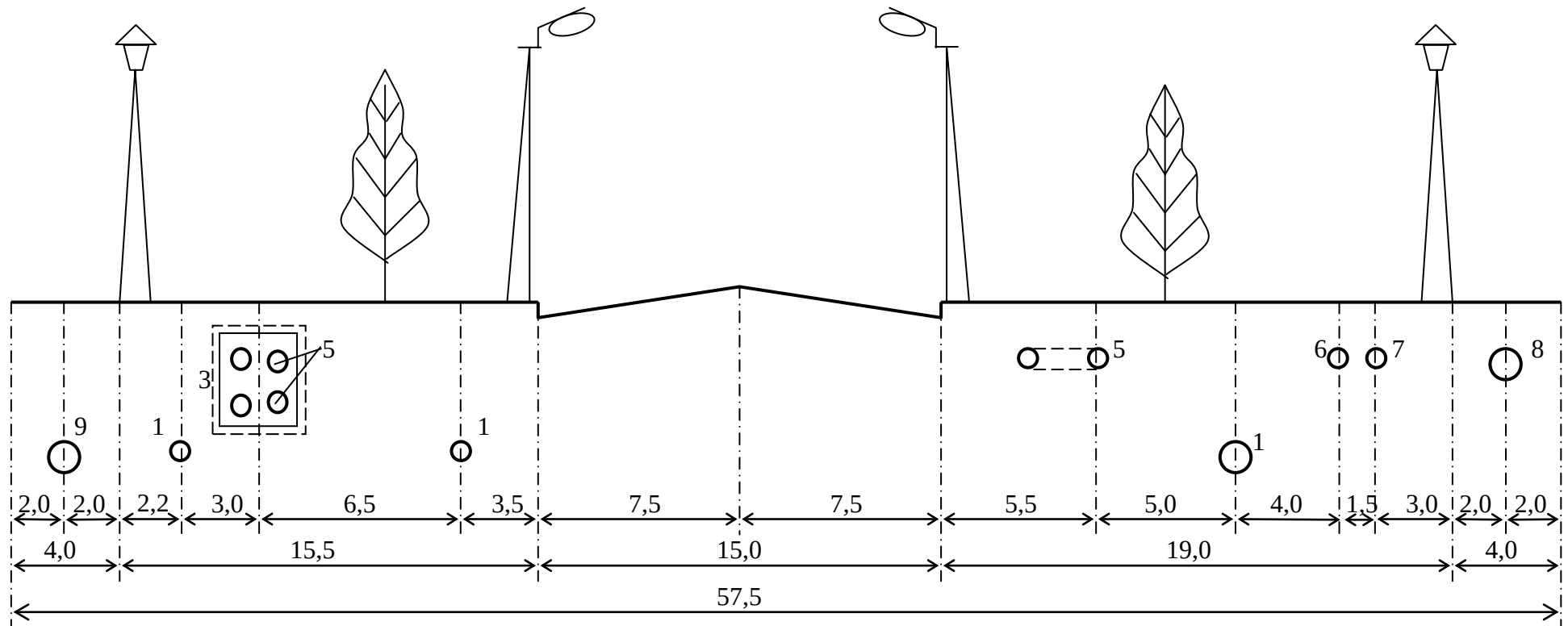
Расположение инженерных сетей на магистральных улицах общегородского значения с местными проездами



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

Рисунок 60 – Пример расположения инженерных сетей на городских проездах

Расположение инженерных сетей на магистральных улицах общегородского значения с местными проездами



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

Рисунок 61 – Пример расположения инженерных сетей на городских проездах

Минимальные расстояния между отдельными трубопроводами устанавливаются СНиПами.

При подземной укладке инженерных сетей должны соблюдаться определенные расстояния не только в горизонтальной, но и в вертикальной плоскости как между сетями и сооружениями, так и между самими сетями.

Трубопроводы, транспортирующие жидкие продукты не должны замерзать зимой и нагреваться летом. Кроме того, все трубопроводы должны выдерживать внешние механические нагрузки. Поэтому минимальная глубина заложения 0,5м. Кроме того, на глубину заложения оказывают влияние и санитарные требования. Так, водопроводные линии с водой хозяйственно-питьевого назначения всегда размещаются выше канализационных трубопроводов, а также трубопроводов, по которым перекачиваются ядовитые и дурнопахнущие жидкости. Расстояние в свету между названными трубопроводами должно быть не менее 0,4м.

Допускается прокладывать водопроводные линии ниже канализационных при соблюдении следующих условий:

- водопроводные линии должны быть из стальных труб;
- трубы водопровода необходимо заключать в футляры, при этом расстояние от стенок канализационных труб до обреза футляра должно составлять не менее 5 м в глинистых грунтах и не менее 10м– в песчаных, гравелистых и других крупнообломочных грунтах;
- канализационные трубопроводы в местах пересечения прокладываются из чугунных труб;
- допускается прокладка водопроводных вводов диаметром до 150 мм ниже канализационных без устройств футляров, если расстояние в свету между трубопроводами будет больше 0,5м;
- теплопроводы открытых систем теплоснабжения и трубопроводы горячего водоснабжения разрешается прокладывать ниже или выше канализационных сетей, если расстояние между ними будет составлять не менее 0,4м.

Расстояние в свету между трубопроводами принимается равным 0,2м, за исключением водопроводных, пересекающихся с канализационными и трубопроводами ядовитых и дурнопахнущих жидкостей.

Силовые кабели и кабели связи прокладываются, как правило, выше трубопроводов при соблюдении между ними следующих расстояний:

- между силовыми кабелями до 35кВ и кабелями связи с трубопроводами – 0,5м;
- то же 110...220кВ и трубопроводами – 1 м.

Прокладка трубопроводов и электрокабелей под железнодорожными и трамвайными путями, считая от подошвы рельса, или автодорогами, считая от верха покрытия проезжей части, до верха трубы, футляра или электрокабеля, осуществляется на глубине 1 м при открытом способе производства работ и на глубине 1,5 м при закрытом.

При совместной прокладке инженерных сетей в полупроходных каналах размещаются такие сети, как водопровод, теплопроводы, канализация, поливочный водопровод, водопровод горячей воды, сети газоснабжения и низковольтные электрокабели рекомендуется прокладывать отдельно в самостоятельных траншеях. Это связано со следующими обстоятельствами:

- совместная прокладка в каналах электрокабелей и трубопроводов рентабельна лишь на участках, где их трассы совпадают;
- прокладка газовых сетей совместно с другими инженерными коммуникациями допускается только при условии устройства проходных каналов, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией.

Особое внимание должно быть обращено на санитарные требования при проектировании канализационных сетей в полупроходных под зданиями, в подвалах зданий и т.п.

Для обеспечения этих требований должны выполняться следующие условия:

- каналы не должны иметь входов из жилых и подсобных помещений зданий;

- трубопроводы канализации необходимо выполнять из напорных неметаллических труб (асбестоцементных, пластмассовых) с соблюдением полной герметичности соединений;
- устройства для прочистки канализационных линий следует выносить за пределы зданий;
- приточную вентиляцию канализационной сети необходимо устраивать путем установки вентиляционных решеток с наружной стороны цоколя дома;
- трубопроводы теплоснабжения, горячего водоснабжения и водопровода – укладывать из стальных труб на сварке с гидравлическим испытанием на повышенное давление;
- запорная и другая арматура на водопроводной и теплопроводной сетях должна выноситься за пределы канала.

Микрорайонная водопроводная сеть, прокладываемая в полупроходных каналах под зданиями, исключает устройство магистральной линии внутри домового водопровода.

Теплопроводы чаще всего прокладываются в непроходных каналах, но могут проектироваться и полупроходных каналах совместно с другими сетями.

Поливочные водопроводы могут укладываться по поверхности земли, в земле или в каналах в зависимости от режима полива.

Тема 8. Строительство подземных сетей и коллекторов

1. Особенности строительства подземных сетей и коллекторов открытым способом.
2. Закрытые способы строительства.
3. Правила сдачи и приемки в эксплуатацию инженерных сетей.

Городские инженерные сети прокладываются в земле открытым или закрытым способом. Открытый способ прокладки с устройством траншей получил в строительстве наибольшее распространение. Закрытые способы прокладки трубопроводов применяются в тех случаях, когда отрывка траншей невозможна или нежелательна.

Строительство городских и районных магистральных сетей осуществляют, как правило, до начала застройки кварталов на основе схем комплексного размещения инженерного оборудования, при этом одновременно прокладывают транзитные магистральные сети и коллекторы, проходящие по территории кварталов.

Газопровод микрорайонной сети прокладывают от красной линии застройки или от газорегуляторного пункта квартала до задвижки на вводе внутри здания, а теплосеть – от теплового пункта квартала до узла управления в здании.

Непроходные и полупроходные каналы для прокладки подземных сетей между зданиями сооружают одновременно с устройством постоянных и временных дорог, отрывкой котлована под здания и монтажом фундаментов и подземных частей зданий.

При совмещенной прокладке трубопроводов строительство непроходных или полупроходных каналов и монтаж строительных конструкций в подполье проводят одновременно с прокладкой инженерных сетей.

Прокладка подземных сетей на проектируемых проездах или других неосвоенных территориях должна предшествовать выполнению дорожных и

других работ по благоустройству с учетом перспективных планов строительства. Строительство подземных сетей отличается вытянутым вдоль трассы фронтом работ, поэтому технологически прокладка сетей складывается из отдельных последовательно выполняемых строительных процессов на отдельных, как правило, одинаковых участках сети – захватках.

Следовательно, для строительства подземных сетей наиболее целесообразно применять поточный метод производства работ, при котором через отдельный промежуток времени должна быть полностью закончена очередная захватка. Поточный метод производства работ позволяет совмещать ритмичное по времени выполнение работ на захватках с последовательным осуществлением однородных процессов и параллельным – разнородных. Таким образом, поточный метод сочетает положительные качества последовательного и параллельного методов производства работ и вместе с тем лишен тех недостатков, которые характерны для этих методов. Так, продолжительность строительства сети на захватках поточным методом будет значительно меньше, чем при последовательном, а интенсивность потребления ресурсов меньше, чем при параллельном.

Основой для организации строительства подземных коммуникаций являются проекты организации строительства (ПОС) и производства работ (ППР).

В ППР назначают тип и сочетание траншей, вид крепления и способ разработки грунта. Работы по отрывке траншей организуют таким образом, чтобы они как можно меньше стесняли уличное движение. Заранее предусматривается устройства переездов в соответствующих местах, согласованных с ГАИ. В условиях интенсивного уличного движения весьма важно правильно расположить отвалы грунта и установить режим работы землеройных и подъемных механизмов. В ППР специально разрабатывают способы производства работ по переходам инженерных сетей под железнодорожными и трамвайными путями, магистральными улицами, водными преградами и т.п. Одним из основных документов ППР являются

технологические карты, которые помогают правильно выбрать и применить современные способы производства работ.

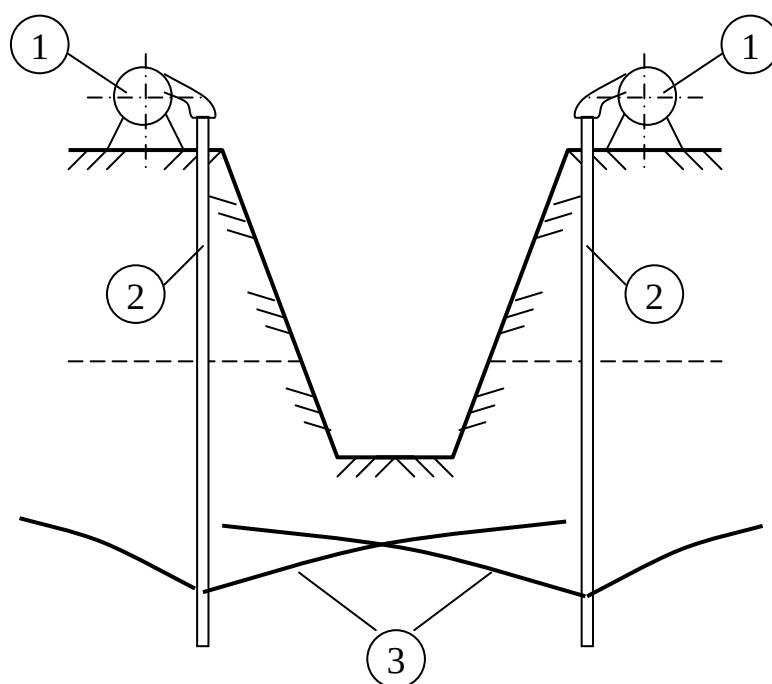
До основных работ проводятся подготовительные и вспомогательные работы, которые включают разбивку трассы трубопровода в плане и по профилю, разборку асфальтового дорожного покрытия, доставку строительных материалов на трассу, размещение временных сооружений и др.

Разбивка трассы оформляется актом с приложением ведомости реперов, углов поворота и привязок. Ось трассы размечается колышками, пересечения трассы трубопровода с существующими подземными сооружениями надо отмечать на поверхности земли особыми знаками, а места расположения колодцев нужно отмечать столбиками, установленными в стороне от трассы (на столбиках указывается номер колодца и расстояние от него до оси трассы).

При необходимости разборки асфальтового (асфальтобетонного) дорожного покрытия необходимо определить площадь вскрытия дорожного покрытия и выбрать механизмы для выполнения работ. Ширина полосы вскрытия асфальтового покрытия должна быть на 30 см больше ширины траншеи поверху (по 15 см с каждой стороны траншеи). Для разборки дорожных покрытий применяют баровые и дискофрезерные машины, а при малых объемах – отбойные молотки.

При решении вопросов, связанных с доставкой на трассу строительных материалов и изделий, надо определить их общую массу, подобрать наиболее рациональное крановое оборудование для погрузочно-разгрузочных работ и транспортные средства для перевозки грузов с учетом габаритов и массы их единицы.

При разработке траншей в водонасыщенных грунтах, когда имеет место постоянный приток грунтовых вод выше подошвы будущей траншеи, должны быть предусмотрены работы по искусственному понижению уровня грунтовых вод ниже дна траншеи не менее, чем на 0,5м. Окончание монтажа и пуск водопонижительной установки должны быть осуществлены за 1...10сут. до начала производства земляных работ. Для водопонижения обычно используется иглофильтровые установки (рис.62).

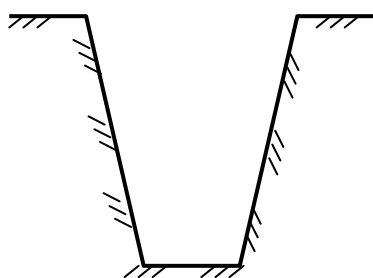


- 1 – насосный агрегат,
2 – иглофильтры,
3 – кривые депрессии.

Рисунок 62 – Иглофильтровая установка для водопонижения

Для прокладки подземных сетей при открытом способе производства работ в грунте отрывают траншеи с наклонными боковыми стенками, с вертикальными стенками или со стенками смешанного типа (рис. 63).

Траншея с откосами



Стенки смешанного типа

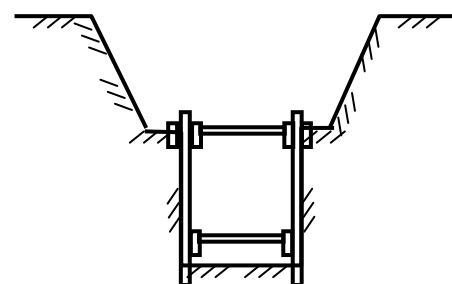
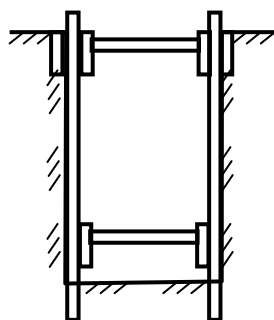


Рисунок 63 – Виды траншей при прокладке сетей

Устройство траншей с вертикальными стенками требует наименьшего объема земляных работ, однако отрывка их без креплений в грунтах естественной влажности допускается только до глубины, когда исключено обрушение стенки траншеи (1...2 м в зависимости от вида грунта). Траншеи с креплениями применяют в стесненных условиях и при глубинах, когда вертикальная стенка может обрушиться. Траншеи с откосами используются в грунтах естественной влажности и при наличии достаточной свободной площади для производства работ.

Смешанный тип траншей обычно применяется при большой глубине и высоком уровне грунтовых вод.

Размеры поперечного сечения траншеи определяются в зависимости от диаметра трубопровода, видов труб и ширины ковша экскаватора. При наличии креплений ширина увеличивается на толщину креплений (20...40 см).

Для разработки траншей используют одноковшовые экскаваторы, оборудованные обратной лопатой или драглайном, а также роторными или многоковшовыми экскаваторами. Разработку грунта в траншеях следует вести без нарушения естественной структуры грунта в основании с недобором в пределах 5...25 см.

Разработка мерзлых грунтов ведется оттаиванием и рыхлением (дроблением, скалыванием, взламыванием, резанием и взрывным способом). Дробление мерзлых грунтов осуществляется ударными способами с помощью шара или клина, которые подвешивают к тросу стрелы экскаватора или крана. Для разработки мерзлых грунтов скалыванием применяют дизель-молоты и трехклиновые рыхлители на тракторе Т-100.

Взламывают грунт прицепными приспособлениями к бульдозерам Д-576Б с трактором Т-108Г и др.

Резание мерзлых грунтов производят баровыми и дискофрезерными машинами.

Оттаивание мерзлых грунтов производится при небольших объемах земляных работ, отсутствии или невозможности использования средств

механического рыхления, в стесненных условиях и при наличии подземных сетей.

Если отрываются траншеи с вертикальными стенками, то они крепятся с помощью досок, стоек из брусьев и распорок. Для этой же цели используются инвентарные крепления с трубчатыми распорками и деревянными щитами.

Укладка и монтаж зависит от вида сети, материала труб, видов стыковых соединений, используемого грузоподъемного оборудования, гидрогеологических условий прокладки.

Чугунные, асбестоцементные, железобетонные, бетонные и керамические трубы монтируются в траншее. Сама схема монтажа зависит от вида труб. Чугунные трубы имеют раструбные соединения с заделкой пеньковой прядью или резиновой самоуплотняющейся манжетой и асбестоцементным замком.

Асбестоцементные трубы соединяются с помощью двухбуртных асбестоцементных муфт с уплотнением резиновыми кольцами круглого сечения, асбестоцементных муфт САМ с резиновыми самоуплотняющимися кольцами фигурного сечения, фланцевых муфт с резиновыми кольцами круглого сечения (для напорных трубопроводов), а также цилиндрических асбестоцементных муфт (для безнапорных трубопроводов).

Бетонные и железобетонные трубы имеют раструбные или муфтовые соединения. Уплотнение стыков производится с помощью резиновых колец. Безнапорные трубопроводы из бетонных и железобетонных труб могут иметь раструбные и фальцевые соединения. Уплотняются такие стыки пеньковой прядью или другими герметиками, с заделкой асбестоцементными или резиновыми кольцами. Стыки фальцевых труб уплотняют асфальтовой мастикой, битумно-резиновыми прокладками и другими герметиками с заделкой стыка цементно-песчаным раствором.

Керамические трубы соединяются раструбными стыками с уплотнением битумизированной прядью с замком из цементного раствора, асбестоцементной смеси, асфальтовой или другой мастики или глины.

Стальные и пластмассовые трубы укладываются плетями, которые собираются на бровке траншеи. Стыковые соединения – сварные. Стальные трубы до сбора в плети должны быть покрыты изоляцией.

В местах установки арматуры на трубопроводах предусматриваются фланцевые соединения, а при необходимости и соответствующие фасонные части.

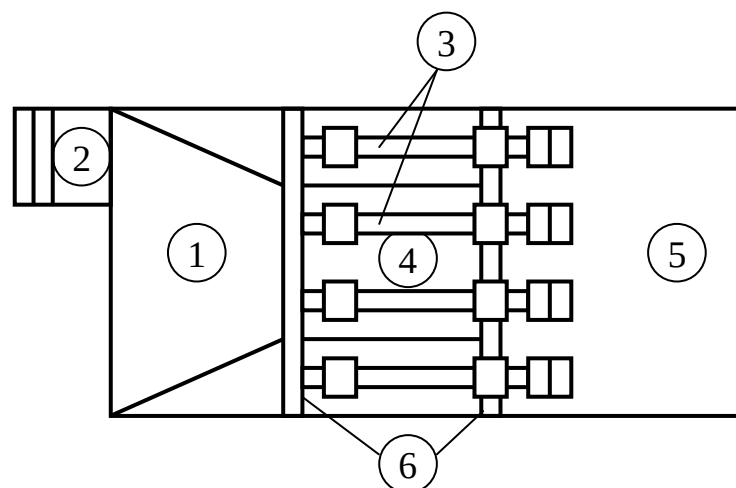
Строительство подземных сетей и коллекторов открытым способом в застроенных районах населенных мест часто затруднено рядом факторов. В связи с этим применяют следующие закрытые (бестраншейные) способы работ:

- штольневый,
- щитовой,
- метод продавливания,
- метод прокалывания,
- метод горизонтального бурения,
- вибровакуумный,
- гидромеханический.

При щитовом методе разработка грунта и устройство стенок тоннеля осуществляется под защитой цилиндрической оболочки – щита. Этим способом пользуются при глубинах прокладки 7...25 м в самых разнообразных грунтовых условиях.

Конструктивно щит представляет собой цельносварную или собираемую из отдельных элементов металлическую оболочку (рис.64), имеющую три основные части:

- переднюю – режущую клиновидной формы с козырьком или без него,
- среднюю – опорную, в которой размещены гидравлические домкраты,
- заднюю – хвостовую.



- 1 – передняя режущая часть,
- 2 – козырек,
- 3 – гидравлические домкраты,
- 4 – средняя опорная часть,
- 5 – задняя (хвостовая) часть,
- 6 – опорные кольца.

Рисунок 64 – Схема проходческого щита

Проходку с помощью щита осуществляют в такой последовательности. Введенный в забой щит вдавливается в грунт в горизонтальном направлении (по оси проходки) с помощью собственных домкратов. При вдавливании грунт входит в режущую его часть, имеющую форму цилиндрического клина. Вдавленный внутрь щита грунт разрабатывают ручным или механизированным способом и грузят на тележки, которые откатывают по тоннелю до шахты, из которой начата разработка.

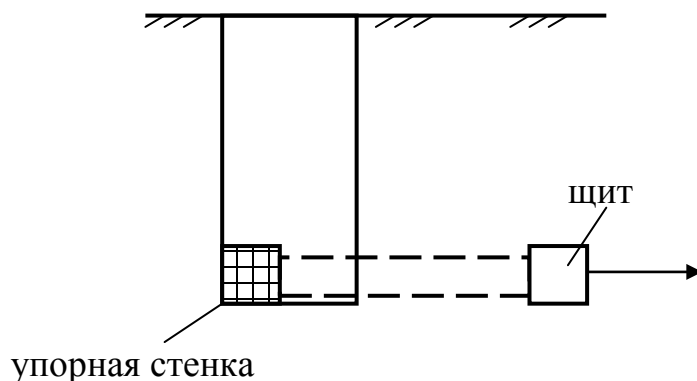


Рисунок 65 – Схема проходки

Продвижение щита вперед осуществляется с помощью гидравлических домкратов, расположенных в середине щита по его периметру. Упором для домкратов при перемещении щита служит блочная отделка выработки. После продвижения щита вперед и выработки грунта в хвостовой части щита по его периметру укладывают блоки отделки под защитой хвостовой оболочки. Блоки укладывают при втянутых в домкраты штоках. За каждый цикл щит продвигается на длину хода штока домкратов. В следующий цикл штоки домкратов упираются во вновь уложенные блоки и щит продвигается в следующее положение. Работа щита таким образом, состоит из непрерывно повторяющихся трех основных циклов: продвижения вперед на длину блока отделки, разработки и транспортирования по тоннелю грунта и укладки следующих блоков отделки.

Расчетное давление жидкости в домкратах составляет 15...25Мпа. Щитовые проходки для водопроводно-канализационных сетей и сооружений выполняются щитами наружным диаметром от 2,1 до 5,63 м.

При использовании для прокладки трубопроводов способов прокалывания и продавливания труба вдавливается в грунт под действием горизонтальных усилий, создаваемых домкратами. Работы по прокалыванию и продавливанию начинают с отрывки рабочего котлована, в который входит конец прокладываемой трубы. В рабочем котловане размещают все оборудование и приспособления для производства работ. С целью восприятия горизонтальных реактивных усилий от домкратов в задней части рабочего котлована делают упорную стенку из свай или шпальной клетки.

Проколом называется такой способ проходки, при котором отверстие для трубы образуется за счет радиального уплотнения грунта, без его разработки. Прокалывание грунта трубами производят с помощью домкратов, лебедок, тракторов, рычагов и др. Для уменьшения сопротивления трубе при ее проколе используется конический наконечник (рис.66).

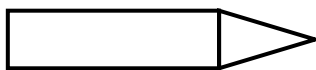


Рисунок 66 – Наконечник трубы при проколе

Продавливанием называется такой способ бестраншейной прокладки труб, при котором в грунт последовательно вдавливаются отдельные звенья труб, соединяемые между собой в процессе работ сваркой, с разработкой забоя внутри трубы и удалением грунта через прокладываемую трубу. Этим способом можно продавливать трубы диаметром от 200 до 1700 мм и более. Наибольшее распространение для продавливания труб получили установки с гидравлическими домкратами с большим ходом штока. Средние скорости проходок колеблются от 0,15 до 1 м/ч, а длина проходок – от 20 до 60 м.

Для горизонтального бурения используются машины горизонтального бурения УГБ-2, УГБ-4, УГБ-5. Горизонтальное бурение предусматривает опережающую разработку грунта в забое с образованием скважины несколько большего диаметра (на 10...50 мм), чем прокладываемая труба, куда ее затем укладывают.

Диаметр скважин при этом достигает 1220 мм, а длина бестраншейной прокладки труб – 40...60м. Способ этот недостаточно эффективен в обводненных и сыпучих грунтах из-за того, что зазоры между трубой и стенками скважин долго не сохраняется.

При штольной проходке разработка грунта ведется под защитой креплений, которые монтируются по мере проходки. Такой способ применяется при малой протяженности переходов.

Для обеспечения необходимого качества работ осуществляется авторский надзор проектных организаций, контроль со стороны заказчика и контроль со стороны общегосударственных контролирующих организаций (таких, как органы санитарного надзора, котлонадзора и т.п.) В ходе контроля проверяется выполнение решений проекта, СниПов, санитарных требований, а также правил технологии строительства.

Смонтированные напорные трубопроводы испытываются на прочность и плотность (герметичность) гидравлическим или пневматическим способом.

Трубопроводы, уложенные в траншеях, непроходных тоннелях или каналах, испытываются дважды:

- а) **предварительно** – на прочность и герметичность (испытания проводятся после засыпки пазух с подбивкой грунта на половину вертикального диаметра в соответствии с требованиями СНиП, с оставленными открытыми для осмотра стыковых соединений).
- б) **окончательно** – на прочность и герметичность (испытания проводятся после полной засыпки трубопровода).

Оба испытания проводятся до установки гидрантов, вантузов, предохранительных клапанов, сальниковых (сильфонных) компенсаторов и т.п.

Испытания могут быть **гидравлическими** и **пневматическими**. *Предварительные испытания* проводятся строительными организациями для себя, но с составлением акта и утверждением его главным инженером. *Окончательные испытания* проводятся в присутствии заказчика, представителей проектной и эксплуатирующей организаций.

Испытание безнапорных трубопроводов производится только на герметичность причем дважды: *предварительно* – до засыпки и *окончательно* (приемочное) – после засыпки траншеи. Испытываются участки трубопроводов между соседними колодцами. Подготовленные участки испытываются двумя способами:

- определением утечки воды из трубопроводов, прокладываемых в сухих, а также в мокрых грунтах, когда горизонт грунтовых вод у верхнего колодца расположен на глубине, равной или меньшей половины расстояния между люком и шельгой;
- замером притока воды, если горизонт грунтовых вод расположен на глубине, большей половины расстояния между люком и шельгой.

Испытания подземных наружных газопроводов всех давлений и наземные низкого (до 0,05МПа) проводится воздухом, наземные высокого давления (свыше 0,3...0,6 и свыше 0,6...1,2МПа) испытываются на прочность и герметичность гидравлическим способом. Пневматические испытания

газопроводов высокого давления допускается проводить при соблюдении особых мер безопасности.

Испытания подземных газопроводов на прочность производится после монтажа их в траншее и присыпки на 20...25 см выше верхней образующей трубы. При пневматических испытаниях осмотр и проверку соединений с помощью мыльной эмульсии проводят только после снижения давления до норм, установленных для испытания на герметичность. Испытания подземных газопроводов на герметичность осуществляется после полной засыпки до проектных отметок.

Тема 9. Эксплуатация подземных сетей и коллекторов

1. Состав основных работ при эксплуатации водопроводных и канализационных сетей.
2. Прочистка водопроводных труб
3. Контрольные испытания водоводов и сетей.
4. Профилактическая прочистка канализационных сетей.
5. Задачи службы эксплуатации тепловых сетей и ее организационная структура.
6. Задачи службы эксплуатации кабельных сетей и ее организационная структура.
7. Задачи службы эксплуатации подземных газопроводов.

В состав основных работ при эксплуатации сетей входят:

- содержание сетевых сооружений в исправном состоянии и наблюдении за их сохранностью;
- изучение гидравлического режима работы сети и сооружений с целью установления оптимальных режимов и выявления участков сети, требующих дальнейшего развития;
- определение участков сетей, сооружений и устройств, требующих капитального ремонта или замены;
- надзор за новым строительством и приемка в эксплуатацию вновь построенных или капитально отремонтированных сетей и сооружений на них;
- предупреждение и устранение в кратчайшие сроки аварий;
- ведение технической статистики и инвентаризации сетевых сооружений.

Выполнение этих работ обеспечивается эксплуатационными и ремонтно-аварийными бригадами, количество которых определяется

протяженностью сети района, объемом работ, технической оснащенностью и климатическими условиями.

Для обеспечения надежной и бесперебойной работы сетей водоснабжения и водоотведения с оптимальными технико-экономическими показателями необходимы четкая координация и взаимная увязка отдельных составляющих элементов. Такую координацию осуществляет диспетчерская служба (ДС). В зависимости от степени автоматизации диспетчерского управления все объекты могут быть разделены на ряд групп:

- а) полностью автоматизированные без диспетчерского управления агрегатами,
- б) полностью автоматизированные с дублированием управления основными агрегатами с диспетчерского пункта,
- в) с частичной автоматизацией и диспетчерским управлением основными агрегатами.,
- г) диспетчерское управление при отсутствии какой-либо автоматизации.

В последние годы вместо ДС внедряются автоматизированные системы управления (АСУ) в водопроводно-канализационном хозяйстве.

При эксплуатации водопроводных сетей одним из основных трудоемких видов работ является прочистка участков трубопроводов от отложений, промывка и дезинфекция. Причинами различных отложений в трубопроводах и, следовательно, их зарастания могут быть:

- коррозия металла труб, которая приводит к образованию гидрооксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$,
- выпадение из воды при ее движении по трубопроводам, особенно в часы минимального водоразбора, случайно попавших механических примесей (песок, ил, глинистые частицы и т.п.),
- жизнедеятельность бактерий (например, железобактерий, серобактерий и др.),
- осаждение на стенках трубопроводов солей железа, кальция и магния.

Наличие в воде хлоридов и сульфатов стимулирует образование коррозионных отложений, так как их ионы разрушают защитные окисные

пленки. В случае высокой концентрации хлоридов и сульфатов (300...400 и более мг/л) значительные отложения появляются и при малых значениях показателя стабильности.

Прочистка водопроводных труб может быть произведена **механическим, химическим и гидropневматическим** способами. Для **механического** способа прочистки применяются очистители и разрыхлители. При незначительных и мягких отложениях используются щеточные очистители, представляющие собой цилиндры, поверхность которых покрыта щеткой, изготовленной из упругой стальной проволоки.

При **химическом** способе удаления отложений трубопровод заполняется ингибированной кислотой. Кислота держится в трубопроводе в течение суток, после чего производится их промывка. Этот способ применяется для удаления плотных отложений кальциевых и магниевых солей, а также солей железа.

Гидропневматический способ прочистки заключается в пропуске через трубы смеси воды и воздуха в пропорции 1:6 (на 1 м³ воды подается 6 м³ воздуха). При совместном движении воды и воздуха резко меняется структура их потока, в результате чего создаются завихрения. Сжатый воздух расширяется и за счет своей энергии создает увеличенные скорости воздушно-водяной эмульсии, размывающей уплотненные отложения.

Прочищенные участки водопроводных труб промываются и дезинфицируются. Промывка может осуществляться длительное время и заканчивается тогда, когда выходящая вода не будет содержать частиц отложений. Обеззараживание очищенного участка происходит при введении в него раствора хлора. Промывка и дезинфекция повторяются до получения двух удовлетворительных бактериологических и физико-химических анализов воды. При неудовлетворительных анализах воды процесс повторяется до получения положительных результатов.

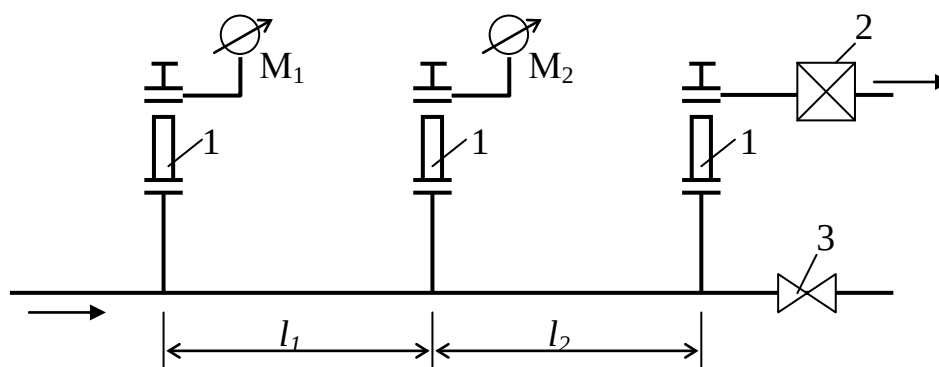
Кроме прочисток, на водопроводных сетях выполняется ряд аварийных, текущих и капитальных ремонтов.

Для определения технического состояния сетей (пропускной способности, напоров, мест и величин утечек) проводятся контрольные испытания. В ходе контрольных гидравлических испытаний водопроводных линий осуществляется манометрическая съемка, измерение гидравлических сопротивлений трубопроводов, определение величин и мест утечки воды, снятие фактических характеристик напоров. При манометрической съемке измеряются свободные напоры в различных точках сети. В начальный период эксплуатации такая съемка позволяет уточнить расчетную схему сети. Испытания осуществляются следующими способами:

- сбросом воды через один пожарный гидрант;
- сбросом воды через несколько последовательно расположенных пожарных гидрантов;
- сбросом воды через стендер, снабженный специальной насадкой;
- «способом трех манометров».

Первым способом проводятся испытания на линиях сети $d \leq 300 \text{ мм}$, т.к. измеряемый водомерами расход воды может быть не более 20...30 л/с. Для испытания выбирают участок, по длине которого располагается не менее трех пожарных гидрантов. На первых двух устанавливаются стендеры с образцовыми манометрами для фиксации напора в этих точках и определения по ним потерь напора. На третьем гидранте монтируется стендер, через который происходит сброс воды (рис. 67).

До начала испытаний проверяется надежность закрытия задвижек 3. При закрытых задвижках и отсутствии сброса через гидрант показания манометров M_1 и M_2 будут отличаться на величину разности их геодезических отметок.



M_1, M_2 – манометры,
 1 – стендеры,
 2 – водомер,
 3 – задвижка.

Рисунок 67 – Схема измерения гидравлического сопротивления труб $d \leq 300$ мм

Фактическое удельное сопротивление трубопроводов определяется по формуле:

$$A_{\text{факт}} = \Delta h / (l Q^2),$$

где $\Delta h = (M_1 + Z_1) - (M_2 + Z_2)$ – разница в показаниях манометров при сбросе воды,

l – расстояние между манометрами,

Z_1 и Z_2 – геодезические отметки манометров,

Q – расход воды, сбрасываемой при сбросе воды.

Степень зарастания испытываемого трубопровода будет характеризоваться отношением:

$$k_c = A_{\text{факт}} / A_{\text{табл}},$$

где k_c – коэффициент увеличения сопротивления,

$A_{\text{табл}}$ – удельное сопротивление трубопровода данного диаметра, принимаемое по таблицам.

Второй и третий способы являются модификациями первого. Они позволяют путем увеличения контролируемого расхода измерять с погрешностью 5...10% сопротивления линий, диаметры трубопроводов которых не более 500мм.

Измерение гидравлических сопротивлений четвертым способом осуществляется следующим образом. Выбирается участок, на котором устанавливаются три манометра. Часть транзитного расхода воды сбрасывается между первым и третьим манометрами. При этом контролируют напор во всех трех точках.

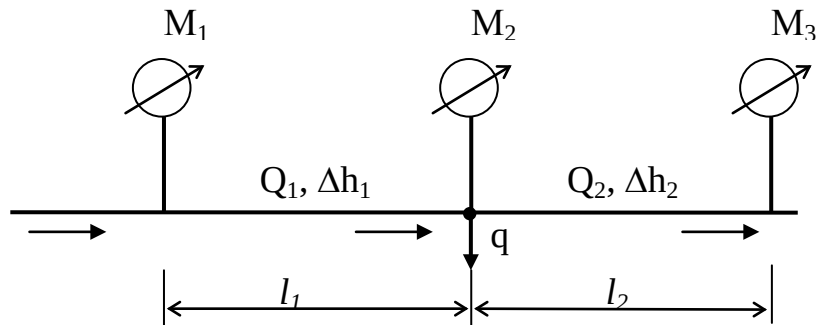


Рисунок 68 – Схема измерения сопротивления трубопровода способом трех манометров

Удельное сопротивление вычисляется с помощью уравнения баланса расхода воды в точке сброса

$$Q_1 = q + Q_2$$

или

$$Q_1 = \sqrt{\Delta h_1 / (A_{факт} \times l_1)} = q + \sqrt{\Delta h_2 / (A_{факт} \times l_2)}$$

где Q_1 и Q_2 – расходы по участкам.

Решение этого уравнения дает:

$$A_{факт} = \frac{1}{q^2} \times \left(\sqrt{\Delta h_1 / l_1} - \sqrt{\Delta h_2 / l_2} \right)^2,$$

где Δh_1 и Δh_2 – потери напора на участках длиной l_1 и l_2 соответственно.

Для получения результатов с погрешностью до 5% достаточно измерить расход, составляющий не менее 10...15% транзитного расхода Q_1 .

Контрольные испытания на утечки проводятся одним из следующих способов:

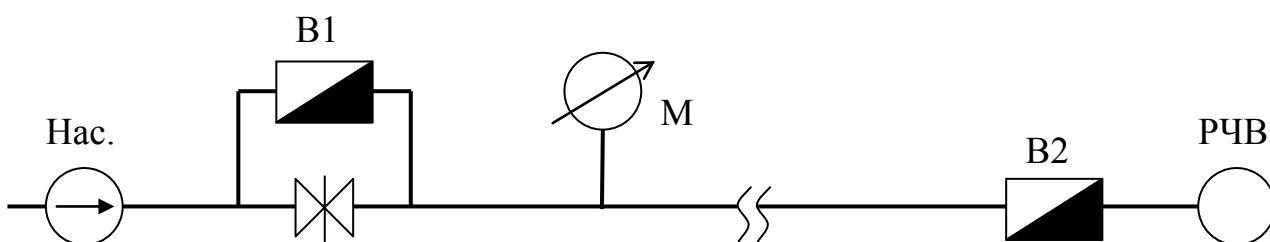
- с помощью водомеров,
- по падению уровня воды в баке водонапорного сооружения или тока,
- с помощью манометров,
- с помощью контактных индикаторов давления, действующих постоянно во время эксплуатации сетей,
- аналитически.

Испытания с помощью водомеров могут иметь несколько вариантов:

- а) С помощью двух водомеров, устанавливаемых в начале и в конце участка (разность показаний даст величину утечки).

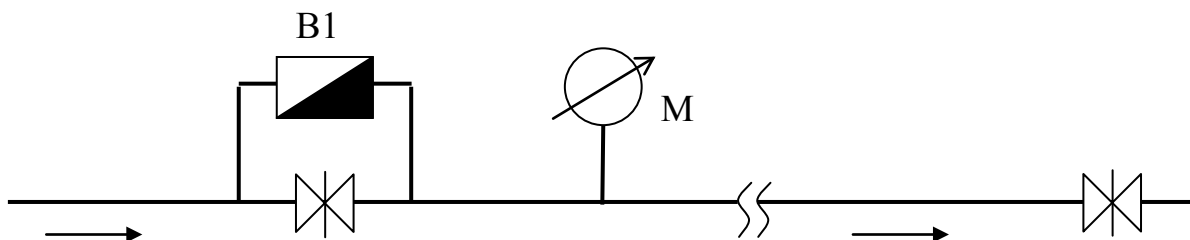


- б) Если нет возможности или трудно вмонтировать водомер на проверяемой линии, то его устанавливают на обводной линии



Величина утечки также определяется по разности показаний водомеров.

- в) С помощью водомера и манометра



Задвижки на начальном и конечном участках перекрываются, величина утечки определяется по водомеру, а по манометру следят за рабочим давлением, которое поддерживается постоянным.

Другие методы определения утечек базируются на фиксации изменения уровней воды в водонапорных баках, трубопроводах. При определении величины утечки по падению показателей манометра учитывают, что 0,1МПа соответствует 10,33 м.вод.ст. Места утечек могут определяться по шуму.

Для обеспечения нормальной работы канализационной сети систематически производят наружный и технический осмотры.

Наружный осмотр заключается в проверке состояния колодцев, уровня сточных вод в лотках, просадок грунта по трассе и у колодцев и т.п.

Технический осмотр производят для выявления технического состояния сети и гидравлических условий ее работы (производится 1-2 раза в год). Цель обследования – выявление повреждений сети и гидравлических условий ее работы.

Непостоянство гидравлического режима в канализационных сетях, неблагоприятный рельеф и случайное попадание в трубы не транспортируемых сточной водой предметов вызывает необходимость профилактической прочистки сети. Периодичность прочистки зависит от местных условий и колеблется от 1 раза в несколько лет до 2...3 раз в год. Профилактическая прочистка производится гидродинамическим, гидравлическим или механическим способом.

Гидродинамическая прочистка заключается в размыве и выносе осадка струей воды, подаваемой под большим напором непосредственно в трубу по шлангу от специальных машин. Она применяется при диаметрах труб от 150 до 500...600мм.

Гидравлическая прочистка основывается на размывающей и транспортирующей способности потока сточной или привозной воды. Созданный тем или иным путем поток с повышенными скоростями размывает и транспортирует осадок вниз по течению.

Для гидравлической прочистки плавающими снарядами применяются надувные резиновые шары, заключенные в брезентовую камеру, деревянные сплошные, деревянные или металлические полые цилиндры.

При механической прочистке удаление осадка производится путем его сгребания к смотровому колодцу и подъема на поверхность земли.

Засорения можно удалять следующим образом:

- проволокой, гибким шлангом или палками-продвижками (с опусканием рабочих в колодец),
- путем непосредственного разбора или разбивки засора вручную в местах присоединений в тоннельным коллекторам (с опусканием в шахту или скважину рабочих в гидрокостюмах или в брезентовой спецодежде),
- размывом или пробивкой засора с помощью поливочной машины, гидродинамических высоконапорных установок или компрессоров.

Для повышения надежности сети проводится **текущий** и **капитальный** ремонт.

Централизованное теплоснабжение (ЦТ) является важным звеном энергетического оборудования городов, населенных пунктов и промышленных предприятий. Для управления ЦТ создаются специализированные предприятия– тепловые сети (теплосети). На малых объектах может быть участок тепловых сетей при ТЭЦ. В крупных городах, имеющих тепловые сети большой протяженности, организуются районы тепловых сетей.

Основные задачи эксплуатации энергетического хозяйства:

- надежное и бесперебойное снабжение теплотой тепловых потребителей,
- обеспечение максимально возможной экономичной работы теплосистемы при рациональном расходовании топлива,
- обеспечение экономного расходования тепла, для чего необходим постоянный контроль за его расходованием,
- обеспечение постоянной подачи и правильного распределения тепловой энергии потребителями.

Важными задачами при эксплуатации тепловых сетей являются совершенствование оборудования и режимов его эксплуатации, разработка противоаварийных профилактических мероприятий, составление инструкций по обслуживанию тепловых сетей, насосных и тепловых подстанций, постановка анализа аварий и неполадок, составление технической отчетности и документации. Наиболее уязвимое место теплоснабжения - **тепловые сети**. Количество отказов, приходящихся на тепловые сети, составляет около 80% от всех отказов, имеющих место в теплоснабжении.

Одним из современных методов повышения надежности теплоснабжения в отопительный период является отбраковка в летний период участков тепловых сетей, ослабленных коррозией. Такая отбраковка проводится путем поучасткового гидравлического испытания сети при повышенном давлении.

С целью поддержания высокой эксплуатационной надежности тепловых сетей необходимо проводить систематический капитальный и текущий ремонт как сетей, так и всего работающего оборудования. Текущий ремонт обычно проводится собственными силами сетевых районов, а капитальный – специальными организациями при предприятиях «Тепловые сети».

Организация служб эксплуатации электроэнергетических систем в какой-то мере подобна службам систем теплоснабжения. Городская сеть разбивается на отдельные районы. Структура сетевого района, дающая также представление об основных функциях, представлена на рис.69.

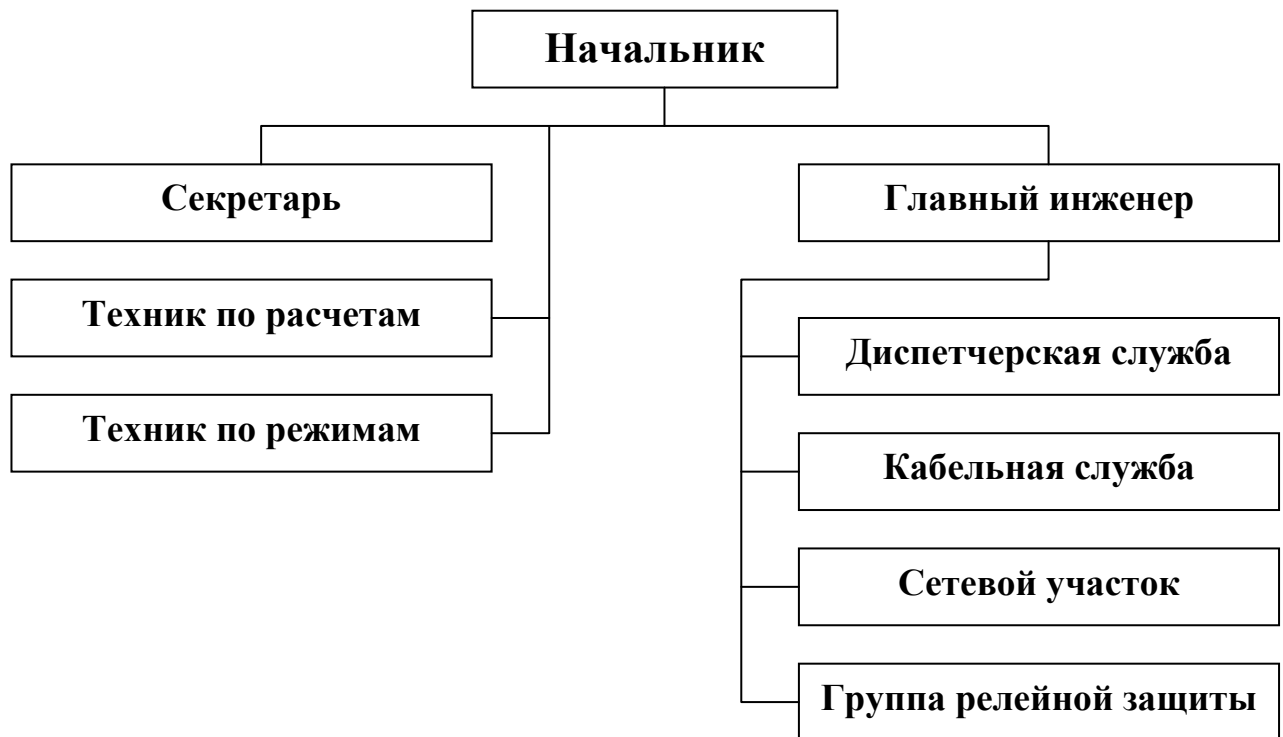


Рисунок 69 – Структура сетевого района

В городских распределительных сетях без территориального деления создаются следующие производственные службы:

- производственно-техническая,
- оперативно-диспетчерская,
- служба защиты, измерений и испытаний,
- служба линий,
- служба подстанций,
- служба уличного освещения,
- служба механизации,
- группа капитального ремонта зданий.

В задачи службы эксплуатации входят профилактические мероприятия, проверка состояния изоляции кабельной сети, учет и снижение потерь энергии в электрических сетях, ремонт кабельных линий. Для выявления дефектов кабельных линий проводятся периодические обходы линий с рабочим напряжением до 10 кВ следует вести не реже 1 раза в месяц. Трассы кабелей по городской территории и территории предприятий и других охраняемых объектов проверяются не реже 1 раза в 3 месяца. Профилактические испытания и измерения кабельных линий позволяют выявить дефекты, возникающие в линиях и муфтах в процессе монтажа и эксплуатации. Периодичность контроля для кабельных линий, работающих в нормальных эксплуатационных условиях, установлена не реже 1 раза в 3 года.

Целью эксплуатации газопроводов является обеспечение бесперебойного и безопасного снабжения газом городов, населенных пунктов и промышленных предприятий. В задачи эксплуатационных служб газопроводов входят проведение таких мероприятий, которые обеспечивают:

- исправное состояние всего сетевого хозяйства, а также приборов, аппаратов и других устройств на сети газопроводов;
- бесперебойное и безопасное снабжение газом всех потребителей;
- поддержание требуемого давления газа в сетях для его экономного и рационального использования.

Эксплуатацию газовых сетей и газового оборудования в населенных пунктах возлагается на тресты, управления, конторы и участки, имеющие соответствующие штаты ИТР и рабочих.

Эксплуатация газовых сетей и оборудования на территории промпредприятий осуществляется их силами и средствами.

В состав работ по эксплуатации подземных газопроводов входят профилактическое обслуживание и наблюдение за подземными газопроводами и их текущий ремонт (планово-предупредительные осмотры и ремонты – ППО и ППР). Капитальный ремонт, как правило, проводят специализированные строительные организации по заказу трестов и контор газового хозяйства или

сами эксплуатационные организации. В состав работ по **текущему ремонту** входят:

- работы непосредственно на газопроводе,
- исправление коверов,
- ремонт сборников конденсата,
- ремонт гидрозатворов,
- проверка контрольных трубок и контрольных точек для измерения блуждающих токов,
- ремонт электроизолирующих фланцев, задвижек, кранов и защитных устройств.

Результаты осмотра и ремонта газопроводов, арматуры и приборов на них вносят в паспорт газопровода.

В состав **капитальных работ** газопровода входят:

- смена участков газопроводов,
- восстановление поврежденной изоляции,
- ремонт и смена арматуры.

Планово-предупредительные осмотры и ремонты газопроводов, арматуры и других устройств на сетях производятся с целью своевременного выявления и устранения повреждений и утечки газа, а также для предотвращения скопления загрязнений в газопроводах и образования закупорок в них (водяных, снежноледяных, смоляных и др.).

При **профилактическом обслуживании** выполняются такие работы:

- осмотр и проверка на загазованность колодцев и камер подземных сооружений,
- наблюдение за коверами и настенными знаками (координатными табличками),
- проверка сборников конденсата и его удаление,

- наблюдение за состоянием дорожного покрытия и производством работ другими организациями с целью защиты подземных газопроводов от повреждений,
- проверка давления газа в разных точках газопровода,
- выявление и устранение закупорок газопроводов,
- буровой и шурфовой осмотр наличия газа в зоне газопровода и устранение утечек,
- проверка и мелкий ремонт арматуры и других устройств на сети,
- составление технической документации.

Профилактический ремонт газорегуляторных пунктов (ГРП) заключается в разборке, проверке и смазке отдельных узлов оборудования. При разборке заменяются или ремонтируются износившиеся детали. Результаты ревизий оборудования ГРП, а также ремонтов, связанных с заменой деталей, узлов оборудования, заносятся в паспорт. О всех работах по ППО и ППР делаются записи в эксплуатационном журнале.

Условия, в которых работает эксплуатационный персонал газовых сетей и газового оборудования, отличаются от условий выполнения работ на установках, использующих твердое или жидкое топливо. Горючие газы в смеси с воздухом при определенных концентрациях и температуре взрываются. Поэтому все работы, которые производятся в загазованной среде или при которых возможен выход горючего газа из газопроводов, сосудов и агрегатов, в результате чего может произойти отравление людей, взрыв или воспламенение газа, относятся к газоопасным. Они проводятся по особым правилам (противогазы, сварка, т/б).

З а к л ю ч е н и е

Вопросы, которые рассматривались в этом курсе дают общее представление об организации инженерного обеспечения жизнедеятельности города, принципах работы его основных энергетических систем, а также особенностях их конструктивного решения, которые должны учитываться при комплексном развитии городского хозяйства.

Курс носит ознакомительных характер и служит основой для дальнейшего углубленного изучения соответствующих разделов. При этом учитывается специфика отдельных отраслей промышленности, к которым относятся конкретные инженерные системы, и степень их «близости» к специальности водоснабжение и водоотведение. Этим объясняется уровень детализации рассмотрения разных систем. Так системы водоснабжения и водоотведения, являющиеся профессиональными для специальности 7.092601, рассматриваются шире по сравнению с другими системами, несмотря на последующее их детальное изучение в будущем. Системы теплоснабжения и газоснабжения, имеющие с водопроводными системами достаточно много однотипных подходов при их расчетах, конструировании и проектировании, но не являющиеся профильными для специальности 7.092601, рассматриваются несколько уже. Системы электроснабжения и телефонизации рассматриваются только на уровне общих представлений, дающих возможность специалистам в области водоснабжения и водоотведения грамотно и безопасно выполнять свои профессиональные работы в условиях непосредственных контактов с этими системами.

При необходимости учета местных условий по заказам предприятий соотношение объемов и степень детализации отдельных разделов может быть изменена при сохранении общей структуры курса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев М.И., Дмитриев В.Д., Быховский Е.М., Ким А.Н., Лялинов А.Н. Городские инженерные сети и коллекторы. Учебник для вузов. - Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990 - 384с.
2. Українець М.О. Водопровідні мережі (Теорія і проектування), Навчальний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 7.092601. – Запоріжжя: ЗДІА, 2002. – 186 с.
3. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. - М.: Стройиздат, 1982. - 440с.
4. Яковлев С.В., Карелин А.Я., Жуков А.И., Колобанов С.К. Канализация. - М.: Стройиздат, 1976. - 632 с.
5. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение.- М.: Стройиздат, 1982. - 382 с.
6. Солдаткина Л.А. Электрические сети и системы. - М.: Энергия, 1978. - 216 с.
7. Пелисье Рене. Энергетические системы. – М.: Высшая шк., 1982. – 568 с.
8. Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлев А.И. Электрические кабели, провода и шнуры /Справочник/. – М.: Энергия, 1979. – 416 с.
9. Васильев В.И., Буркин А.П., Свириденко В.А. Системы связи. - М.: Высшая шк., 1987. – 279 с.
10. Захаров Н.В. Телефон и телеграф. Что вы знаете о них? - М.: «Связь», 1975.– 144 с.