

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова  
Кафедра городского кадастра и инженерных изысканий

М.Т. Никифоров, Т.Г. Калачук

## **ИНЖЕНЕРНОЕ ОБУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИЙ**

Курс лекций (II часть)

Белгород 2009

УДК 696/697  
ББК 38.788 я7  
Н 627

Рецензенты:

кафедра водоснабжения и водоотведения Казанской государственной архитектурно-строительной академии, зав. кафедрой д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники республики Татарстан А.Б. Адельшин; Ю.Г. Прибытков - начальник управления архитектуры и градостроительства г. Комсомольска-на-Амуре

Никифоров М.Т., Калачук Т.Г.

Н 627 Инженерное обустройство: Курс лекций (II часть). - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. - 128 с. ISBN 5-7765-0201-2

Рассмотрены вопросы по вертикальной планировке и инженерному оборудованию территорий населенных пунктов. Дана классификация инженерных систем различного назначения. Рассмотрены основные элементы инженерных систем, материалы и оборудование, устанавливаемые для обеспечения нормальной работы, а также способы их трассировки и монтажа. Приведены методики расчета некоторых элементов инженерных сетей.

Предназначено для студентов специальностей «Городской кадастр», «Земельный кадастр», «Промышленное и гражданское строительство» и «Городское строительство и хозяйство» при изучении курса «Инженерное обустройство территорий», а также может быть полезно для широкого круга читателей.

ББК 38.788 я7

© Белгородский государственный  
технологический университет им. В.Г.  
Шухова

ISBN 5-7765-0201-2

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ.....	8
1.1. Рельеф и его градостроительная оценка .....	8
1.2. Этапы вертикальной планировки .....	10
1.3. Цель и основные задачи вертикальной планировки .....	13
1.4. Методы вертикальной планировки.....	15
1.5. Вертикальная планировка улиц, перекрестков, площадей, пересечений .....	23
1.6. Вертикальная планировка территории микрорайона и зеленых насаждений .....	26
Контрольные вопросы.....	30
2. ВОДОСНАБЖЕНИЕ .....	30
2.1. Системы и схемы водоснабжения.....	30
2.2. Режим и нормы водопотребления .....	31
2.3. Свободные напоры в сетях водопровода .....	34
2.4. Источники водоснабжения и водозаборные сооружения.....	35
2.5. Очистка воды и очистные сооружения .....	36
2.6. Насосные станции .....	37
2.7. Напорно-регулирующие устройства .....	38
2.8. Наружные водопроводные сети .....	39
2.9. Устройство сетей и сооружений на них .....	42
Контрольные вопросы.....	49
3. КАНАЛИЗАЦИЯ .....	49
3.1. Сточные воды и их классификация .....	49
3.2. Системы и схемы канализации .....	51
3.3. Нормы и режим водоотведения. Определение расчетных расходов.....	54
3.4. Трассировка канализационных сетей .....	58
3.5. Основные элементы канализации .....	59
3.6. Расчет канализационных сетей .....	63
3.7. Устройство канализационных сетей и сооружений на них .....	65
3.8. Дождевая канализация (водостоки) .....	69
Контрольные вопросы.....	73

<b>4. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ .....</b>	<b>74</b>
4.1. Системы и схемы теплоснабжения.....	74
4.2. Классификация систем центрального теплоснабжения .....	76
4.3. Тепловые пункты— .....	78
4.4. Трассировка тепловых сетей.....	80
4.5. Расчет тепловых сетей.....	82
4.6. Устройство тепловых сетей.....	85
Контрольные вопросы.....	91
<b>5. ГАЗОСНАБЖЕНИЕ .....</b>	<b>91</b>
5.1. Краткие сведения о горючих газах.....	91
5.2. Системы газоснабжения населенных пунктов .....	92
5.3. Устройство наружных газопроводов .....	95
5.4. Внутренний газопровод .....	98
5.5. Расчет газопроводов .....	100
Контрольные вопросы.....	101
<b>6. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ.....</b>	<b>101</b>
6.1. Системы электроснабжения .....	101
6.2. Электроснабжение городов .....	104
6.3. Электрические сети .....	108
6.4. Расчет электрических сетей .....	113
Контрольные вопросы.....	116
<b>7. ТЕЛЕФОННЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СЕТИ.....</b>	<b>117</b>
Контрольные вопросы.....	118
<b>8. ПРИНЦИПЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ И КОЛЛЕКТОРОВ В ГОРОДАХ .....</b>	<b>118</b>
8.1. Размещение подземных сетей в плане .....	118
8.2. Размещение инженерных сетей в вертикальной плоскости.....	124
Контрольные вопросы.....	125
<b>9. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ КУРСОВЫЕ ПРОЕКТЫ .....</b>	<b>125</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>127</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Современные населенные пункты представляют собой сложнейшее хозяйство. Нормальное их функционирование во многом зависит от инженерного оборудования этих территорий. Инженерное оборудование населенных мест, представляющее собой комплекс технических устройств, предназначено для обеспечения комфортных условий быта и трудовой деятельности населения, коммунальных и промышленных предприятий. Инженерное оборудование и благоустройство городов и других населенных пунктов предусматривается независимо от численности населения, климатических, географических и других условий. Оно включает в себя системы водоснабжения, канализации, теплоснабжения, электроснабжения, газоснабжения, связи, освещения, санитарной очистки и других видов благоустройства /1-3/.

Инженерное оборудование населенных пунктов (застроенных территорий) включает в себя наземные и подземные сооружения, сети и коммуникации и играет ключевую роль в их жизнедеятельности.

Наземная составляющая инженерного оборудования жилых, общественных, промышленных и других зон населенных пунктов имеют многофункциональное назначение. К таким объектам относятся: вертикальная планировка территорий, дороги и проезжие части улиц, транспортные сооружения и линии, проезды, каналы, водоотводы, тротуары, воздушные линии электропередачи и другие специфические объекты, связанные с рельефом местности и геологическими особенностями местности.

Вертикальная планировка обеспечивает благоприятное размещение всех объектов города друг относительно друга и отвода поверхностных вод с территории города или населенного пункта.

Транспортные сооружения - дороги, проезжие части улиц, проезды, трамвайные и троллейбусные линии, железные дороги, метрополитен и т.п., которые обеспечивают транспортную связь внутри населенного пункта и за его пределами.

Подземное хозяйство современных городов, а также промышленных предприятий состоит из инженерных сетей различного назначения, общих коллекторов и сооружений на них. Во всех крупных городах имеются централизованное водоснабжение и канализация, тепло-, энерго- и газоснабжение, кабельные линии электроснабжения и связи.

В состав подземного хозяйства населенных мест особенно современных больших городов, входит множество сетей. Все они могут быть классифицированы на три группы: 1) трубопроводы; 2) кабельные сети; 3) тоннели (общие коллекторы). К первой группе относятся: сети водопровода, канализации (разных систем), дренажа, теплофикации, газоснабжения, а также специальные сети промышленных предприятий (нефтепроводы, золопроводы, паропроводы). Во вторую группу включают сети сильных то-

ков высокого и низкого напряжения (для освещения, электротранспорта) и сети слабого тока (телефонные, телеграфные, радиовещания и пр.). К третьей группе относятся тоннели (коллекторы), служащие только для размещения кабелей, и общие коллекторы, предназначенные для совместного размещения сетей разного назначения.

В свою очередь, трубопроводы подземных сетей могут быть условно подразделены на транзитные, магистральные, разводящие и внутриквартальные (дворовые). Транзитные сети обслуживают город и отдельные его районы или промышленные предприятия. Магистральные сети обеспечивают равномерное и бесперебойное распределение жидкостей по территории населенного пункта. Диаметры трубопроводов транзитных и магистральных сетей больше, чем разводящих. Разводящие сети обеспечивают кварталы и группы домов. Они являются необходимым подземным сооружением каждой улицы и проезда города. Внутриквартальные (дворовые) сети обслуживают отдельные здания, размещенные в квартале. Их прокладывают в пределах территории квартала, двора.

При соответствующем технико-экономическом обосновании могут проектироваться региональные системы водоснабжения, электроснабжения, канализации, теплоснабжения и т.д. с целью обеспечения инженерным оборудованием расположенных рядом городов и других населенных пунктов. Выбор источников водоснабжения, электроснабжения, теплоснабжения и других видов энергии в каждом отдельном случае осуществляется с согласия заинтересованных организаций с учетом экономических, экологических и других требований.

Как подземные сети, так и надземные тщательно увязываются с поперечным профилем проектируемых улиц, с транспортной сетью и внутриквартальными (микрорайонными) сетями. Трассировка магистральных инженерных сетей производится с учетом структурно-планировочных решений населенных мест, характера дорожно-транспортной сети, рельефа местности, наличия и размещения водоемов и расположения наиболее крупных потребителей воды, газа и электроэнергии. Магистральные городские сети прокладываются вдоль транспортных улиц в специально отводимых для них технических полосах, а магистральные районные сети вдоль жилых улиц и проездов. При этом стремятся устраивать совмещенную прокладку подземных коммуникаций, либо в одной траншее, либо в одном канале или коллекторе.

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. Для обеспечения равномерных напоров в сетях и предотвращения перерывов в их работе при авариях основные магистрали соединяются перемычками. По эко-

номическим соображениям магистральные районные сети трассируются таким образом, чтобы ширина полосы обслуживаемой ими территории была равна ширине территории микрорайона (0,8... 1,5 км).

Схемы подземных сетей населенного пункта или промышленного предприятия должны обеспечивать возможность строительства объекта по очередям, а также его дальнейшее расширение. Современное развитие градостроительства характеризуется наличием определившихся основных элементов планировочной структуры городов; микрорайонов, жилых районов, жилых массивов, планировочных зон и, наконец, самого города в целом. При такой структуре основными ячейками города являются микрорайоны и жилые районы. Микрорайоны представляют собой строительные образования с численностью население 5...20 тыс. чел. и жилые районы — 25...50 тыс. чел. Основными объектами строительства в городах в настоящее время являются многоэтажные жилые дома, оснащенные всеми видами инженерного оборудования и благоустройства.

В проектах детальной планировки в крупном масштабе решается планировка не всего города, а какой-либо его части, например жилого района или микрорайона. В этой части проекта должны быть даны исчерпывающие решения того, как будут обеспечены водой, теплом, энергией, канализацией, дорогами, транспортом, телефонизацией и т.д. каждый из проектируемых микрорайонов и отдельных объектов, определены поперечные профили улиц с учетом транспортных потоков и создания необходимых зон прокладки подземных сетей. При этом должен решаться вопрос, связанный с удобствами не только их строительства, но и эксплуатации (текущего и капитального ремонтов).

Учитывая все вышесказанное, необходимым условием создания всего комплекса инженерного оборудования и благоустройства, отвечающего современным требованиям градостроительства, является комплексная разработка технической документации для инженерного обеспечения объектов строительства.

Системы водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения, электроснабжения, связи и санитарной очистки селитебной зоны города разрабатываются на основе генерального плана развития города, генеральной схемы развития соответствующих отраслей городского хозяйства и в соответствии с требованиями нормативных документов.

Одним из основных требований, предъявляемых к современному градостроительству, является условие глубокого проникновения в экологические процессы и, в соответствии с этим, создание гармоничного взаимодействия города и его естественного окружения. В таком взаимодействии немаловажную роль играют инженерно-технические сооружения, в том числе подземные сети. Нередко они не могут вписаться в природный

ландшафт. Возможность аварийных ситуаций еще в большей степени осложняет экологическую обстановку в том или другом регионе.

Комплекс водоохранных мероприятий разрабатывается на основе существующего и прогнозируемого состояния водных источников и видов водопользования. В настоящее время с целью охраны окружающей природы установлены отдельные ограничения в сооружении инженерных сетей. Так, их строительство не допускается на следующих территориях:

- заповедников, национальных природных парков, ботанических садов, водоохранных полос;
- зеленой зоны города, в первых поясах зон санитарной охраны источников водоснабжения.

В объеме учебного пособия рассмотрены основные понятия и положения по разработке некоторых элементов инженерного оборудования застроенных территорий. В конце пособия предлагаются темы курсовых проектов. Для более полной разработки отдельных вопросов необходимо обращаться к специальной литературе.

Автор ставил перед собой задачу ознакомить читателя с теми элементами инженерного обустройства населенных пунктов, которые чаще всего встречаются в малых, средних и крупных городах, применительно к студентам специальности «Городской кадастр» и «Земельный кадастр».

## **1. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

### **1.1. РЕЛЬЕФ И ЕГО ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА**

Вертикальная планировка - это система мероприятий на территории, подвергающейся застройке, по отводу поверхностных вод с территории, защите от наводнений и других природных и техногенных воздействий на территорию, взаимному размещению различных сооружений и коммуникаций относительно поверхности земли с переустройством рельефа местности, при необходимости, в соответствии с действующими нормами строительства.

При строительстве населенных пунктов требуется решать множество вопросов по размещению улиц, предприятий, жилых микрорайонов, дорог и прочего необходимого на момент разработки проекта или строительства. Это ведет к изменению существующей местности, точнее рельефа. Существующий рельеф изменяют даже в том случае, когда он удовлетворяет требованиям планировки, застройки и благоустройства. Это относится, прежде всего, к общегородским и районным центрам, крупным спортивным сооружениям, участкам размещения зданий в жилых районах и микрорайонах, улицам, внутриквартальным проездам и площадкам различного назначения. Объемы земляных работ при преобразовании существующего рельефа зависят от сложности рельефа, наличия площадей неудобных для



застройки территорий и в значительной степени от планировочного решения как города в целом, так и отдельных его элементов.

К неудобным или непригодным для застройки относятся территории, на которых затруднено или невозможно строительство без проведения значительных по объему и сложности работ по инженерной подготовке и благоустройству. Это территории, подверженные затоплению, с развитой овражной системой, с высоким горизонтом грунтовых вод и пр. В этом случае увеличивается объем земляных работ. Так, в среднем объемы земляных работ по преобразованию рельефа в городе в зависимости от местных условий колеблются в пределах от 500 до 5000 м<sup>3</sup>/га /1/.

Рельеф изменяют путем его вертикальной планировки. Таким образом, вертикальная планировка связана с земляными работами, т. е. перемещением грунта с участков выемки на участки насыпи. Земляные работы в комплексе строительства города занимают важное место, как по объему, так и по стоимости. При больших объемах земляных работ стоимость строительства значительно возрастает. Поэтому следует стремиться по возможности сокращать объемы земляных работ и наиболее рационально использовать существующий рельеф местности.

Отметки существующего рельефа, который отображается на топографических и геодезических планах и подосновах горизонталями, называют черными отметками. *Горизонтالي* - это проекции на горизонтальную плоскость линий пересечения существующей поверхности земли горизонтальными плоскостями, расположенными по высоте на равных расстояниях одна от другой. Каждая горизонталь имеет *абсолютную отметку*, отсчитанную от принятого нуля - **для России: уровня Балтийского моря**. Таким образом, каждая горизонталь соединяет точки с одинаковыми отметками, и поэтому они не могут пересекаться. Разность отметок между двумя соседними горизонталями называется шагом горизонталей или высот сечения рельефа, а расстояние между ними в плане - заложением. На участках с одним уклоном поверхности расстояния между горизонталями будут одинаковые, при увеличении уклона они будут уменьшаться, а при уменьшении - увеличиваться.

Принимаемый для изображения рельефа шаг горизонталей зависит от крутизны поверхности и принятого масштаба плана. При масштабах плана 1:5000, 1:10 000, 1:25 000 шаг горизонталей принимается равным 1, 2, 5 м, а при масштабах 1:2000, 1:1000, 1:500 - 0,5 или 1 м.

Отметка любой точки, расположенной между горизонталями, определяется методом интерполяции. Для этого через данную точку проводится прямая линия, перпендикулярная к ближайшим горизонталям, по которой измеряют расстояния между горизонталями и нижележащей горизонталью и точкой.

Искомую отметку определяют по формуле

$$H_x = H_A + (H_B - H_A) L_1/L,$$

где  $H_A$  — отметка нижележащей горизонтали;  $H_B$  — отметка вышележащей горизонтали;  $L_1$  — расстояние между рассматриваемой точкой и нижележащей горизонталью, м;  $L$  — расстояние между горизонталями, м.

Отметки преобразованного в результате планировки рельефа называются *проектными* или *красными отметками*, а горизонтали, проходящие через них, — *проектными* или *красными горизонталями*.

Работы по проектированию вертикальной планировки территории проводятся на всех стадиях разработки горизонтальной планировки: проектов генеральных планов, проектов детальной планировки и проектов застройки.

## 1.2. ЭТАПЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ

Этапы разработки вертикальной планировки заключаются в геодезических и геологических изысканиях местности, составлении планов местности, оценке рельефа, составлении схемы вертикальной планировки и разработки рабочих чертежей.

Для разработки проектов вертикальной планировки необходимо располагать исходными материалами. Это — задания, планировочные решения, материалы предшествующей стадии проектирования и материалы изысканий, в которые входят геодезические, гидрологические, гидрогеологические исследования, данные о расположении в плане и в высотном отношении и типах подземных инженерных сооружений, зеленых насаждений, наземных сооружений, составе и размерах транспортного и пешеходного движения и пр.

Особо важное значение имеют геодезические изыскания, дающие основной материал для проектирования — топографические планы, отображающие рельеф территории и высотное расположение сооружений. Гидрологические и гидрогеологические изыскания устанавливают горизонты воды в водоемах и их колебания, геологическое строение территории, характеристику грунтов, площадь распространения и глубину залегания подземных вод и скальных пород, а также определяют участки, подверженные физико-геологическим процессам (овраги, оползни, карсты) и т.п.

Естественный рельеф представляет собой совокупность различных форм поверхности земли в их естественном состоянии. К элементам рельефа относятся водоразделы, тальвеги, холмы, плато, овраги и т. д. Основные формы рельефа равнинный, пересеченный и горный. Равнинный рельеф представляет собой достаточно ровные территории, пересеченный

рельеф характеризуется чередованием возвышенностей и низин, а горный - наличием гор различной высоты и крутизны.

Наиболее существенное значение имеет крутизна склонов, характеризующаяся уклоном, который определяется как отношение разности отметок склона в каких-либо точках (по кратчайшему расстоянию) к горизонтальной проекции линии, соединяющей эти точки. Уклон обычно выражается в процентах, десятичных дробях или промилле (тысячные доли). Например, уклоны, равные 0,5 и 2 %, равны уклонам 0,005 и 0,02 и уклонам 5 и 20 ‰.

Уклон поверхности земли участка территории определяется следующим образом

$$i = \frac{h}{l},$$

где  $i$  - уклон поверхности рассматриваемого участка;  $h$  - разность отметок между двумя точками или превышение одной точки над другой, м;  $l$  - расстояние между точками, м.

Таким образом, уклон представляет собой тангенс угла наклона поверхности к горизонтальной плоскости. Однако в натуре измеряется действительное расстояние между этими точками по поверхности, и тогда уклон выражается синусом этого угла. Замена при проектировании вертикальной планировки и определении уклонов синуса угла на его тангенс возможна благодаря тому, что угол наклона поверхности по трассам улиц и дорог мал (не превышает 4 °) и значения синусов и тангенсов таких углов практически одинаковы. Это обстоятельство позволяет при расчете уклонов поверхности пользоваться планами и геоподосновами, определяя расстояния между точками по их горизонтальному положению.

При оценке территории основное внимание уделяется существующему рельефу. Определяют наличие и расположение водоразделов и тальвегов, основные направления стока поверхностных вод, участки территорий с различными уклонами, территории, требующие мероприятий по инженерной подготовке, и пр. В зависимости от этих и других факторов проводится функциональное зонирование территории, и определяются основные мероприятия, обеспечивающие использование территорий в необходимых целях.

Для использования в градостроительстве по степени сложности рельеф подразделяется на следующие типы: простой, относительно простой, относительно сложный и сложный. Характеристика рельефа по степени сложности  $I$ / приведена ниже в табл. 1.1.

Таблица 1.1

## Типы рельефа по степени сложности

Тип рельефа по степени сложности	Характеристика рельефа территории
1. Простой	Равнинные нерасчлененные участки. Равномерный уклон по территории в любом направлении не менее 0,005
2. Относительно простой	Равнинные участки с незначительной волнистостью. Равномерный уклон по территории в любом направлении не менее 0,005
3. Относительно сложный	Участки с незначительной холмистостью, с отдельными буграми, котлованами, тальвегами и т. а, с относительной глубиной или высотой их не более 2 м на площади не более 50% территории. Средний уклон на территории в любом направлении не менее 0,005
4. Сложный	Более 50 % территории занято участками с холмами, оврагами и прочее или участками с очень малыми уклонами при наличии бессточных понижений

Естественный рельеф оценивается для выявления его характера и степени ровности. Для этого на геоподоснове местность разделяется на участки по степени крутизны рельефа с различной градацией уклонов, например: 0.. .1 %; 1.. .2 %; 2.. .3 % ит.д. Такой анализ рельефа устанавливает пригодность территории для градостроительных целей. В градостроительной оценке и инженерном благоустройстве территории рельеф по крутизне поверхности подразделяется на шесть категорий, определяющих степень благоприятности их использования /1/ (табл. 1.2).

Большие требования к рельефу предъявляются при сооружении промышленных предприятий, которые в современных условиях занимают значительные территории. В промышленных зонах помимо крупных производственных корпусов размещают железнодорожные пути и автомобильные проезды, различные инженерные сооружения, что требует достаточно ровной поверхности с небольшими уклонами (обычно до 1,5...2 %).

Таблица 1.2

## Оценка территории в зависимости от крутизны поверхности

Категория	Крутизна (уклон)	Градостроительная оценка рельефа
1	2	3
I	Менее 0,005	Благоприятен для размещения застройки, трассирования улиц и дорог; очень неблагоприятен для организации стока поверхностных вод и прокладки самотечных сетей
II	0,005...0,03	Благоприятен и удовлетворяет требованиям застройки, прокладки улиц и дорог, организации водоотвода и пр. Вертикальная планировка не вызывает сложных мероприятий

Продолжение табл. 1.2

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
III	<b>0,03...0,06</b>	Благоприятен для планировки и застройки, но создает некоторую сложность в размещении зданий, в планировке городских площадей и трассировании улиц. Вызывает довольно значительные работы по преобразованию рельефа
IV	<b>0,06... 0,10</b>	Представляет большие трудности в планировке и застройке территории, в трассировании улиц и в прокладке подземных инженерных сетей. Вызывает сложные и значительные по объему работы по преобразованию рельефа
V	<b>0,10...0,20</b>	Неблагоприятен для размещения застройки - требует устройство террас. Более приспособлен для малоэтажного и индивидуального строительства. Создает большие затруднения в прокладке улиц, дорог и подземных коммуникаций. Вызывает сложные и большие работы по подготовке площадок и при строительстве сооружений - устройство террас, откосов, подпорных стенок
VI	<b>Более 0,20</b>	Очень неблагоприятен и сложен для планировки, застройки и благоустройства; очень сложен для трассирования улиц и прокладки подземных коммуникаций. Вызывает очень большие трудности при вертикальной планировке. Осваивается при особой необходимости

Таким образом, рельеф и вертикальная планировка оказывают прямое или косвенное влияние на решение многих градостроительных задач как в общей архитектурно-планировочной композиции города и его элементов, так и в застройке его районов и микрорайонов, а также в размещении промышленных предприятий и других градостроительных элементов и зон.

### **1.3. ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ**

Вертикальная планировка - это инженерное мероприятие по искусственному изменению, преобразованию и улучшению существующего рельефа местности для использования его в градостроительных целях, и она является обязательным и одним из важнейших мероприятий по инженерной подготовке и благоустройству городских территорий. Основная цель вертикальной планировки заключается в создании спланированных поверхностей, удовлетворяющих требованиям застройки и инженерного благоустройства территории. Вертикальная планировка территории призвана создать благоприятные условия для размещения зданий и сооружений, прокладки улиц, проездов, подземных инженерных коммуникаций и пр.

К основным задачам вертикальной планировки относятся:

- организация стока поверхностных вод (дождевых, ливневых и талых) с городских территорий;
- обеспечение допустимых уклонов городских улиц, площадей и перекрестков для безопасного и удобного движения всех видов городского транспорта и пешеходов;
- создание благоприятных условий для размещения зданий и прокладки подземных инженерных сетей;
- организация рельефа при наличии неблагоприятных физико-геологических процессов (затопление территории, подтопление ее грунтовыми водами, оврагообразование и т.д.);
- придание рельефу наибольшей архитектурной выразительности;
- создание в необходимых случаях искусственного рельефа;
- решение задач при сооружении крупных и уникальных сооружений (спортивного центра, аэродрома и пр.).

Организацию поверхностного водоотвода осуществляют со всех городских территорий: жилых микрорайонов, общественных центров, участков зеленых насаждений (парков, садов, скверов, бульваров), улиц и пр. Для этой цели используют водоотводные системы города (водостоки), которые выводят поверхностный сток за городскую территорию.

Отметки планируемой поверхности назначают таким образом, чтобы максимально сохранить существующий рельеф, зеленые насаждения и почвенный покров. Поэтому вертикальная планировка проводится главным образом на территориях, занятых городскими улицами, дорогами и площадями, а также на участках, предназначенных для строительства зданий и сооружений. В зависимости от категории улиц и дорог им придаются допустимые нормами продольные уклоны. Вертикальная планировка проектируется с учетом благоприятного размещения типовых зданий и выявления архитектурно-пространственной композиции зданий и сооружений.

На остальных территориях вертикальную планировку следует проектировать с учетом соображений поверхностного водоотвода. На бессточных участках, с малым уклоном поверхности земли, устраиваются специальные водостоки. А на территориях с большими уклонами, где возможна эрозия почв, устраиваются защитные сооружения с организованной водоотводной системой. Вертикальная планировка территории не должна приводить к таким отрицательным явлениям, как возникновение оползневых и просадочных процессов, нарушение режима грунтовых вод и возникновение заболоченных участков.

Планировочные отметки территории определяют, исходя из условия минимального объема земляных работ с учетом их нулевого баланса, т. е. равенства вытесняемых во время строительства грунтов и подсыпки. При этом следует учитывать очередность строительства и, при необходимости,

рассматривать объемы земляных работ не только в микрорайонах, но и жилых районах, и города в целом.

Существенную роль играет вертикальная планировка при размещении зданий, сооружений, и подземных инженерных сетей. В настоящее время для жилищно-гражданского строительства используют типовые здания, и задача вертикальной планировки заключается в создании благоприятных условий для их размещения без изменения типовых проектов.

**По степени преобразования** существующего **рельефа** вертикальную планировку осуществляют с *частичным изменением поверхности* и с *коренным* его изменением. Наиболее рационален первый способ, при котором вертикальную планировку проектируют лишь на отдельных участках с максимальным, по возможности, сохранением существующего рельефа территории. Коренное преобразование рельефа предопределяется объективными причинами, например затопление территорий, предназначенных для градостроительного использования, множеством мелких оврагов и т.п. Сплошная вертикальная планировка зачастую необходима при создании общегородских и районных общественных центров, при плотности застройки более 25 %, а также таких крупных плоскостных сооружений, как магистральные улицы и дороги, спортивные центры и аэродромы.

Проектирование вертикальной планировки наиболее целесообразно вести одновременно с разработкой планировочного решения и в комплексе с мероприятиями по организации стока поверхностных вод, защите территорий от затопления, подтопления ит.д.

Эффективность работ по вертикальной планировке определяют следующие технико-экономические показатели:

- наименьший объем земляных работ при наибольшей эффективности проектных решений;
- одинаковый объем выемок и насыпей (баланс земляных масс), когда отпадает необходимость в вывозке фунта с планируемой территории или привозке его;
- всемерное сокращение дальности перемещения грунта (транспортного объема) с участков выемок в насыпи.

#### **1.4. МЕТОДЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ**

Основными методами вертикальной планировки являются: схема вертикальной планировки, метод проектных профилей и метод проектных (красных) горизонталей.

**Схему вертикальной планировки** разрабатывают на материалах геодезической подосновы и генерального плана города, поселка или жилого района.

На этой стадии проектирования вертикальной планировки определяются основные, наиболее целесообразные решения по общему высотно-

му расположению всех элементов города, включая микрорайоны, по организации поверхностного стока и по прокладке городских улиц и дорог, а также мероприятия по освоению и благоустройству территорий, подверженных физико-геологическим процессам. Масштаб схемы зависит от размеров территории и сложности рельефа и может быть 1:5000, 1:2000; 1:1000.

Основные исходные материалы для разработки схемы вертикальной планировки - топографический план (геоподоснова), генеральный план (план улично-дорожной сети), материалы геологических, гидрогеологических и гидрологических изысканий, данные по существующим инженерным сетям, зданиям и сооружениям, зеленым насаждениям, отметки существующей застройки, инженерных сооружений. Геоподоснова, используемая для разработки схемы вертикальной планировки, отображает рельеф в горизонталях сечением 0,5; 1 м.

При составлении схемы вертикальной планировки определяют проектные (красные) отметки в точках пересечения осей улиц на перекрестках и в местах изменения рельефа по трассе улиц и проектные продольные уклоны. Схемы вертикальной планировки следует разрабатывать одновременно с проработкой проекта планировки для выявления оптимального технико-экономического решения при сравнении различных вариантов.

Следует отметить, что, как правило, новые города имеют преимущества для выбора наилучших схем вертикальной планировки по сравнению со сложившимися городами.

При разработке схемы вертикальной планировки определяют отметки существующего рельефа (черные отметки) с топографического плана. Черные отметки определяют интерполяцией между горизонталями, отображающими существующий рельеф. Расстояние между точками принимают по плану в соответствии с масштабом. Затем между перекрестками проверяют соответствие продольного уклона улицы допустимым минимальному и максимальному уклонам и определяют проектный продольный уклон по формуле

$$i = (H_2 - H_1)/L,$$

где  $i$  - продольный уклон;  $H_2$  и  $H_1$  - высокая и низкая отметки перекрестков или точек перелома рельефа по трассе улицы;  $L$  - расстояние между этими точками, м.

Значение полученного уклона округляется до тысячных долей и по нему уточняются отметки в рассматриваемых точках. Допустимые продольные уклоны улиц и дорог в городах и наименьшие радиусы кривых в плане по /20/ приведены в табл. 1.3.

Уклоны территорий довольно часто не соответствуют допустимым условиям. В таких случаях допустимые продольные уклоны улиц создают



срезкой грунта на одних участках и подсыпкой на других. Разность между проектной отметкой и отметкой существующего рельефа определяет рабочую отметку: положительная отметка обозначает подсыпку грунта, а отрицательная — срезку. Красные отметки назначаются таким образом, чтобы рабочие отметки по возможности не превышали 0,5 м.

Большие срезки и насыпи по улицам повлекут за собой значительные объемы земляных работ на прилегающих к ним городских территориях. При проектировании схемы вертикальной планировки необходимо учитывать высотное расположение территории микрорайонов и других элементов города, чтобы обеспечить с этих территорий самотечный сток поверхностных вод в лотки улиц и закрытую водосточную систему. Определяя проектные отметки, следует учитывать высокие горизонты подземных вод, колебания горизонтов воды в водоемах и отметки существующих сооружений.

При разработке схемы вертикальной планировки необходимо избегать образования пониженных мест на перекрестках и по трассе улиц, т.е. бессточных участков, куда направлены уклоны по улицам и где соответственно будут собираться поверхностные воды. Такие понижения не следует по возможности проектировать и при организации удаления поверхностного стока закрытой водосточной системой города. Следовательно, вертикальную планировку перекрестков проектируют таким образом, чтобы как минимум по одной улице продольный уклон имел направление от перекрестка.

Таблица 1.3

Основные параметры улиц и дорог городов /20/

Категория дорог и улиц	Допустимые параметры улиц и дорог					
	Расчетная скорость движения, км/ч	Ширина полосы движения, м	Число полос движения	Наименьший радиус кривых в плане, м	Наибольший продольный уклон, ‰	Ширина пешеходной части тротуара, м
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Магистральные дороги:						
скоростного движения	120	3,75	4...8	600	30	—
регулируемого движения	80	3,50	2...6	400	50	—
Магистральные улицы: общегородского значения:						
непрерывного движения	100	3,75	4...8	500	40	4,5
регулируемого движения	80	3,50	4...8	400	50	3,0

На схеме вертикальной планировки на перекрестках, в местах пере-

Продолжение табл. 1.3

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>
районного значения:						
транспортно-пешеходные	70	3,50	2...4	250	60	2,25
пешеходно-транспортные	50	4,00	2	125	40	3,0
Улицы и дороги местного значения:						
улицы в жилой застройке	40	3,00	2...3*	90	70	1,5
	30	3,00	2	50	80	1,5
улицы и дороги научно-производственных, промышленных и коммунально-складских районов	50	3,50	2...4	90	60	1,5
	40	3,50	2	60	70	1,5
парковые дороги	40	3,00	2	75	80	—
Проезды:						
основные	40	2,75	2	50	70	1,0
второстепенные	30	3,50	1	25	80	0,75
Пешеходные улицы:						
основные		1,00	По расчету		40	По проекту
второстепенные	—	0,75	То же	—	60	То же
Велосипедные дорожки:						
обособленные	20	1,50	1...2	30	40	—
изолированные	30	1,50	2...4	50	30	—
* С учетом использования одной полосы для стоянок легковых автомобилей						

сечения осей проезжих частей улиц и в точках изменения уклона наносят существующие (черные) и проектные (красные) отметки, а также рабочие отметки со своим знаком; стрелкой показывают направление продольного уклона улицы от более высоких отметок к пониженным, над стрелкой отмечают проектный продольный уклон, а под ней — расстояние между точками, ограничивающими участок улицы с этим уклоном. Проектные продольные уклоны желательно не менять на участках улиц между перекрестками, или, во всяком случае, не изменять их на небольших по длине участках. Следует помнить, что переломы продольного профиля (отрезки с разным уклоном) сопрягаются вертикальными выпуклыми или вогнутыми кривыми, имеющими определенные наименьшие допустимые радиусы. Процесс проектирования схемы вертикальной планировки состоит из двух последовательных этапов. На первом, предварительном этапе, тщательно изучаются рельеф местности по геоподоснове и в натуре, а также материалы инженерных изысканий. Особое внимание уделяется участкам со слож-

ным рельефом местности. Определяют территории с различным доминирующим уклоном поверхности, выделяют участки, на которых недопустима срезка фунта (возможность затопления, высокий горизонт подземных вод, трудность разработки фунта и т. п.), определяют места выпуска с городской территории стока поверхностных вод, устанавливают направления, по которым не следует трассировать скоростные дороги, магистральные улицы и железнодорожные пути.

Таким образом, на предварительном этапе разработки схемы вертикальной планировки при проработке генерального плана выбирают оптимальный его вариант и приступают ко второму - основному этапу, в котором разрабатывается окончательная схема вертикальной планировки.

Вертикальная планировка **методом профилей** заключается в проектировании продольных и поперечных профилей отдельных объектов городской территории. Метод используется главным образом при проектировании протяженных линейных сооружений, таких, как городские улицы, трамвайные и железнодорожные пути, коллекторы и подземные коммуникации, набережные и пр.

В некоторых случаях этот метод применяют и при проектировании вертикальной планировки территории, особенно в сложных природных условиях, когда используются откосы, подпорные стенки, лестничные сходы и т.д. Метод продольных и поперечных профилей позволяет определить высотное расположение объектов по отношению к существующей поверхности.

Профили представляют собой разрезы существующей и проектируемой поверхности в каком-либо сечении, определяющие их взаимное расположение. В градостроительной практике метод профилей используют главным образом при разработке вертикальной планировки трасс улиц и дорог, а также инженерных коммуникаций. На плане улицы указывают оси продольных профилей, пикеты и расположение поперечных профилей, красные линии, границы тротуаров, проезжей части, озеленения и т. д.

Продольный профиль определяет высотное положение улицы, и его проектирование заключается в нанесении проектной линии и определении продольных уклонов. Продольные профили обычно проектируют по оси улицы, но могут составляться и по лоткам проезжей части. Исходным материалом для проектирования продольных профилей служат схема или проект вертикальной планировки города или жилого района, устанавливающие отметки на перекрестках и в местах изменения рельефа. На основе этих отметок проектируют продольный профиль улицы. Незначительные коррективы исходных отметок возможны лишь в том случае, если они не нарушают общих принципов вертикальной планировки города или его района.

На генплан улицы наносят ось проезжей части или другую линию, по которой будет строиться профиль. Затем, ось разбивают на пикеты по характерным точкам местности (центр перекрестка, место изменения ук-

лона и т.п.) через 20...50 м. Продольный профиль проектируется в масштабе горизонтальных расстояний, соответствующем масштабу плана улицы, а именно 1:2000, 1:1000 или 1:500, а вертикальные расстояния принимаются в 10 раз крупнее (1:200, 1:100, 1:50 соответственно).

Отметки существующей поверхности для продольного профиля определяют методом интерполяции между горизонталями по линии данного профиля (черные отметки); линия, соединяющая эти отметки и отображающая существующий рельеф, называется черной линией. Отметки точек проектируемого продольного профиля называются красными отметками, а линия, их соединяющая, — красной линией. На продольном профиле ниже черной линии и параллельно ей наносят почвенно-геологический разрез. На продольном профиле отмечаются рабочие отметки (со стороны красной линии: при насыпе — сверху, при срезке — снизу). Под профилем пишут уклоны и расстояния с данными уклонами, красные и черные отметки, расстояния между пикетами и номера пикетов.

Основное требование к проектированию продольного профиля - обеспечение плавности. Сопряжения двух смежных участков продольного профиля, имеющих противоположное направление уклонов, образуют переломы, которые создают неудобства для движения автомобиля, особенно при значительных скоростях. Для смягчения продольного профиля улицы на переломах проектируют вертикальные кривые, обеспечивающие видимость и плавность движения. Выпуклые вертикальные кривые рассчитывают таким образом, чтобы обеспечить видимость и необходимую длину участка торможения при опасности. Вогнутые вертикальные кривые рассчитывают из условия смягчения толчка и допустимой величины перегрузки рессор автомобиля при проезде перелома профиля.

Поперечные профили по улицам составляют, как правило, в пределах красных линий. Следует различать планировочные или конструктивные поперечные профили, которые устанавливают элементы улиц, и рабочие профили, фиксирующие высотные отметки его переломных точек. На рабочих поперечных профилях наносят отметки существующей поверхности и проектные отметки в характерных точках, поперечные уклоны и расстояния. Поперечные профили проектируют по разрезам перпендикулярно оси городской улицы или дороги по пикетам, соответствующим продольному профилю, как правило, в масштабах: горизонтальном - 1:200 и вертикальном - 1:100. Их вертикальную планировку следует проектировать в увязке с отметками продольного профиля.

В поперечном профиле улиц и дорог в целях обеспечения стока поверхностных вод всем элементам (проезжей части, тротуарам, полосам зеленых насаждений) придается поперечный уклон, направленный к лоткам проезжих частей. Поперечный профиль улицы проектируют с учетом организации стока поверхностных вод с территорий микрорайонов и других участков на улицу, поэтому отметки по красной линии должны

участков на улицу, поэтому отметки по красной линии должны быть выше отметок лотков.

Поперечные профили проезжей части проектируют двускатными или односкатными, причем последние применяют при ширине проезжей части до 10,5 м и одностороннем движении транспорта. Двускатные профили, как правило, проектируют выпуклыми с расположением гребня по оси проезжей части. Тротуарам и полосам зеленых насаждений придается односкатный профиль с поперечным уклоном, направленным в сторону лотка. Поперечные уклоны на проезжих частях и тротуарах принимаются в пределах 0,015...0,025 при монолитных покрытиях и 0,020...0,030 при штучных покрытиях (брусчатых, мозаичных, булыжных).

При проектировании улицы или дороги с расположением их элементов в разных уровнях или при их высотном положении выше или ниже прилегающей территории уровни разделяют с помощью искусственных откосов или подпорных стенок.

Поперечные профили служат для разбивки на месте работ элементов улицы и установления проектных отметок. Помимо этого их используют для определения объемов земляных работ (выемок и насыпей), а также общего баланса земляных масс.

Метод продольных профилей при проектировании инженерных коммуникаций позволяет избежать пересечений с другими инженерными коммуникациями на одном уровне, а также избежать ошибок в назначении глубин заложения коммуникаций.

Метод проектных горизонталей. На основе разработанной схемы вертикальной планировки, т.е. принципиального высотного решения территории города и определения проектных продольных уклонов по улицам, приступают к детальной проработке необходимого изменения существующего рельефа. Такую детальную разработку вертикальной планировки осуществляют методом проектных (красных) горизонталей, которые наносят на геоподоснову, совмещенную с генеральным планом, с показанными на ней улицами, зданиями, площадками и другими элементами. Таким образом, вертикальная планировка, разработанная в красных горизонталях, позволяет не только определить проектные отметки любой точки территории, но и рабочие отметки, а, следовательно, участки срезки и подсыпки фунта.

Красные горизонтالي в отличие от горизонталей существующего рельефа показывают проектируемый рельеф территории, т. е. поверхность, преобразованную в целях планировки, застройки и благоустройства. Исходя из этого, красные горизонтали представляют собой проекции на горизонтальную плоскость линий пересечения проектируемой поверхности горизонтальными плоскостями. Красные горизонтали в зависимости от мас-

штаба проектируются сечениями через 0,1; 0,2; 0,25 и 0,5 м, которые называются шагом горизонталей.

На основе схемы вертикальной планировки и генерального плана методом проектных горизонталей разрабатывают вертикальную планировку отдельных элементов и участков города: улиц, площадей, микрорайонов, парков и пр. Этот метод совмещает на одном чертеже план и профили и дает полное представление о сечениях проектируемого рельефа в любых направлениях и деталях его внешней формы. Поскольку проектные горизонталей, отметки характерных точек зданий и сооружений и план совмещены, что в итоге составляет проект их расположения и привязки, появляется возможность комплексного решения горизонтального и вертикального проектов планировки и благоустройства. Метод проектных горизонталей выгодно отличается от метода профилей большей наглядностью. Он позволяет достаточно просто определить взаимное высотное положение улиц, площадей, зданий, сооружений и пр. Вертикальная планировка, разработанная для сложных условий рельефа методом проектных (красных) горизонталей, дает наглядное представление о проектируемом рельефе и расположении в плане и в высотном отношении проездов, пандусов, откосов, подпорных стенок, лестниц и т.д. Поэтому метод проектных горизонталей получил широкое распространение при проектировании вертикальной планировки как небольших участков, так и крупных по площади территории.

Расположение горизонталей существующего рельефа и проектных горизонталей относительно друг друга дает представление о характере изменения рельефа в результате проведения вертикальной планировки. Когда проектная горизонталь располагается ниже одноименной черной горизонтали в сторону падения уклона, требуется подсыпка территории, выше - срезка грунта. Начертание черных и красных горизонталей позволяет определить линию нулевых работ, т.е. границу участков срезки и подсыпки грунта, которая проходит через точки пересечения горизонталей, имеющих одинаковые отметки.

Основными величинами, определяющими расположение проектных горизонталей, являются: уклон, превышение одной горизонтали над другой (шаг горизонталей) и расстояние между ними. При проектировании вертикальной планировки в красных горизонталях определяют расстояние между ними, которое будет одинаковым на участке территории с постоянным уклоном.

При проектировании вертикальной планировки методом красных горизонталей их отметки должны быть кратны принятому шагу горизонталей. Так, при шаге горизонталей 0,2 м проектные горизонталей будут иметь, например, отметки 100,00; 100,20; 100,40; 100,60; 100,80 и т.д. Исходные отметки для проектирования вертикальной планировки в основном выра-

жаются числами, кратными принятому шагу горизонталей. При разработке проектов вертикальной планировки каких-либо территорий за исходные принимаются отметки по красным линиям, а при проектировании вертикальной планировки улиц, площадей, стоянок и пр. исходными являются отметки пересечений осей улиц.

Поскольку исходные отметки, как правило, не кратны шагу горизонталей, то необходимо, в первую очередь, определить точку расположения ближайшей по значению проектной горизонтали. Расстояние от исходной точки до вершины ближайшей горизонтали определяют как частное от деления разности отметок исходной точки и проектной горизонтали на продольный уклон поверхности.

Разрабатывая проект вертикальной планировки территории в проектных горизонталях, следует иметь в виду, что для уменьшения объемов земляных работ красные горизонтали должны располагаться как можно ближе к черным, имеющим такую же отметку. Совпадение их показывает, что в данном месте не нужна ни подсыпка, ни срезка грунта.

### **1.5. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА УЛИЦ, ПЕРЕКРЕСТКОВ, ПЛОЩАДЕЙ, ПЕРЕСЕЧЕНИЙ**

Улицы. Проектирование вертикальной планировки городской территории начинается, как правило, с проработки улиц. Как отмечалось, продольные уклоны улиц проектируют в зависимости от естественного рельефа и категории улиц и дорог. Нежелательны затяжные уклоны большой крутизны, а также частая смена уклонов. Протяженность участка улицы или дороги с одним продольным уклоном рекомендуется принимать не менее 100... 150 м.

Участки проезжей части с различными продольными уклонами сопрягаются в вертикальной плоскости криволинейными вставками (вертикальными кривыми), которые устраивают при алгебраической разности уклонов более следующих величин: на скоростных дорогах - 5, магистральных улицах - 7, улицах районного значения - 10 и местного значения - 15 ‰.

При симметричном поперечном профиле улицы относительно оси каждая точка, равноудаленная в ту или иную сторону от нее, будет иметь определенную и одинаковую отметку, последующие точки будут иметь одинаковые отметки, но отличные от предыдущей. Таким образом, проектная горизонталь, проходящая по плоскости улицы, будет иметь сдвиги в характерных точках,

Величины сдвига проектной горизонтали от оси к лотку, скачок горизонтали за счет бортового камня и сдвиг ее к красной линии зависят от принятых поперечных и продольных уклонов улицы.

Расстояние между горизонталями  $l$  зависит от шага горизонталей  $h_m$  и продольного уклона  $i$  и определяется как

$$l = h_m / i.$$

Это расстояние между горизонталями будет одинаковым на всем участке улицы с постоянным продольным и поперечным уклонами как по оси, так и по лотку улицы. Таким образом, все линии проектных горизонталей параллельны друг другу.

Поперечные уклоны проезжих частей и тротуаров зависят от типа покрытия и принимаются равными: 0,015.. 0,025 - для асфальтобетонных и цементно-бетонных покрытий, 0,020...0,030 - для брусчатых, мозаичных и булыжных мостовых, а на обочинах при открытой системе водоотвода (кюветах) — 0,040. На площадях и автомобильных стоянках поперечные уклоны принимают в пределах 0,015...0,020. В отдельных случаях (в частности на перекрестках) поперечные уклоны тротуаров могут увеличиваться до 0,039. На полосах зеленых насаждений улиц поперечные уклоны принимают не менее 0,005, что необходимо для стока поверхностных вод, а наибольших значений они могут достигать 0,050 и более, переходя в пологие и крутые откосы в зависимости от рельефа, на котором располагается улица.

Для построения проектных горизонталей на улице необходимо иметь исходные данные: план улицы со всеми ее элементами; поперечный профиль улицы с указанием поперечных уклонов и высоты бортовых камней; отметки вертикальной планировки на перекрестках (в местах пересечения осей улиц) и отметки между ними для проложения проектных горизонталей по оси улицы. Таким образом, проводится градуирование прямой от исходных точек. Достаточно построить одну красную горизонталь по всей ширине улицы в красных линиях, другие горизонтالي проводятся параллельно ей через точки, полученные при градуировании оси улицы.

**Перекрестки улиц.** Решение вертикальной планировки перекрестков зависит от категории улиц, планировочного решения и продольных уклонов сходящихся улиц. В значительной степени проектирование перекрестков определяется рельефом и условиями обеспечения стока поверхностных вод. На перекрестках уклоны не должны превышать 0,030.

Наиболее сложны в проектировании вертикальной планировки перекрестки, расположенные на косогоре и в низине, перекрестки улиц со значительными продольными уклонами и пересечения магистральных улиц. Пересечения их с улицами местного значения проектируют с максимальным сохранением поперечного профиля магистральной улицы и подчинением ему улицы более низкой категории. Практически это осуществляется сопряжением поперечного профиля улиц местного значения с лотком магистральной улицы.



Как отмечалось, решение вертикальной планировки перекрестков зависит от естественного рельефа и может быть различной формы: четырехскатной, трехскатной, односкатной, с поперечными лотками или без них.

При расположении перекрестка на водоразделе уклоны трех улиц направлены в стороны от перекрестка, а одной — к перекрестку, в лотках этой улицы устанавливают водоприемные колодцы с таким расчетом, чтобы вода, стекающая к перекрестку, не пересекала пешеходных переходов.

Достаточно часто встречается расположение перекрестка в тальвеге, поскольку для организации поверхностного водоотвода с городской территории улицы трассируют по пониженным местам. С таких перекрестков обеспечивается сток воды лишь в одном направлении — в направлении уклона по тальвегу.

При расположении перекрестка на холме или бугре поверхностный водоотвод с него полностью обеспечен, поскольку уклоны по всем улицам направлены от перекрестка и необходимость установки водоприемных колодцев на нем отсутствует.

Наиболее неудобно размещение перекрестка в замкнутой низине, когда к нему поступает вода со всех улиц. Отвод поверхностных вод с такого перекрестка может быть обеспечен лишь закрытой водосточной системой с установкой водоприемных колодцев по лоткам всех улиц. При этом середину перекрестка приподнимают, чтобы обеспечить сток к решеткам колодцев.

В том случае, когда перекресток находится в седловине, уклон по двум улицам направлен к перекрестку, а по двум другим — от него. Вертикальную планировку решают путем повышения середины перекрестка для отвода поступающего к нему стока по другим улицам.

Продольный и поперечный уклон площади не должны закрывать перспективы и видимости противоположной стороны площади. На больших площадях продольные и поперечные уклоны принимаются наименьшими, в пределах обеспечения стока поверхностных вод. Продольные уклоны на площадях не должны превышать 0,03, на площадях прямоугольной формы — 0,015.

Основные задачи вертикальной планировки пересечений в одном уровне — создание условий для безопасного и удобного движения транспорта и пешеходов, организация стока поверхностных вод и создание благоприятных условий для размещения застройки. Когда продольные уклоны существующей поверхности находятся в допустимых пределах (0,005.. 0,03), задача вертикальной планировки сводится к незначительному изменению рельефа и его сглаживанию. Если уклоны менее или более допустимых, то возникает необходимость изменения рельефа с целью обеспечить допустимые уклоны путем срезки и подсыпки участков территории.

Вертикальную планировку перекрестков и площадей проектируют в красных горизонталях. Причем, вначале проектные горизонталы разрабатывают и наносят на план по примыкающим к развязке участкам улиц. Затем проектируют горизонталы в пределах самой уличной развязки. В отличие от улиц поперечные уклоны в пределах пересечения довольно часто принимаются переменными для различных участков, т. е. расстояния между горизонталями на этих участках будут различными, с постепенным их увеличением или уменьшением. На проезжей части, вокруг центрального направляющего островка начертание проектных горизонталей нередко принимает всеобразный вид. Переменные поперечные уклоны на развязке принимаются с тем, чтобы придать перекрестку или площади наилучшую в высотном отношении форму и обеспечить необходимые продольные уклоны по лоткам проезжей части для быстрого и полного отвода поверхностных вод.

На основании проекта вертикальной планировки развязки определяют проектные отметки и уклоны вдоль красных линий, с учетом которых ведутся планировка и застройка прилегающих территорий.

Городские улицы, перекрестки и площади должны иметь закрытую водосточную сеть с установкой в необходимых местах водоприемных колодцев для сбора и удаления поверхностного стока. Однако и при наличии ливневой канализации вертикальную планировку развязок в одном уровне следует проектировать таким образом, чтобы предусмотреть возможность стока вод от развязки в направлении примыкающих улиц, избегая, по возможности, образования пониженных замкнутых участков.

## **1.6. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ТЕРРИТОРИИ МИКРОРАЙОНА И ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ**

Территории микрорайонов включают достаточно большое количество элементов, высотное расположение которых различно. К ним относятся внутримикрорайонные проезды, пешеходные пути, площадки под здания и т.д. Все они взаимосвязаны не только в планировочном решении, но и в высотном отношении.

Вертикальную планировку территории микрорайона осуществляют с учетом самотечного отвода поверхностных вод и минимального объема земляных работ при наиболее эффективном решении проектного рельефа. Наиболее благоприятные условия для вертикальной планировки создаются при свободной планировке микрорайонов, при которой рельеф изменяют лишь на участках расположения зданий, сооружений и проездов. В этом случае основная часть территории, главным образом занятой зелеными насаждениями, остается без изменения рельефа либо с частичной его реорганизацией. В зависимости от существующего рельефа вертикальная плани-

ровка территории микрорайона может быть односкатной (с одной или несколькими плоскостями), двускатной или многоскатной.

**Основными задачами вертикальной планировки микрорайона** являются:

- организация стока поверхностных вод с территории микрорайона по внутримикрорайонным проездам в лотки улиц, примыкающих к нему с пониженной стороны;

- создание удобного и безопасного движения пешеходов и внутримикрорайонного транспорта;

- оптимальная привязка к рельефу зданий, сооружений и площадок различного назначения;

- рациональное размещение избыточного фунта (из котлованов под здания, проезды и от прокладки подземных инженерных сетей);

- выразительное архитектурно-планировочное решение.

Основа для проектирования вертикальной планировки микрорайонов - проектные решения вертикальной планировки пересечений, улиц и территорий, примыкающих к данному микрорайону. Все высотное решение микрорайона должно быть увязано с прилегающими территориями и проектными отметками по красным линиям, причем вертикальная планировка территории микрорайона должна решаться, по возможности таким образом, чтобы его поверхность была расположена выше красных отметок лотков примыкающих улиц. Вертикальную планировку территорий микрорайонов разрабатывают методом проектных горизонталей.

Уклоны проектных плоскостей должны быть направлены к внешним сторонам микрорайона. Лишь в том случае, когда по территории проходит тальвег или овраг, уклоны могут быть направлены внутрь микрорайона, с обязательной прокладкой по ним внутримикрорайонного проезда для сбора и удаления поверхностных вод или водосточного коллектора. Если территория частично или полностью расположена ниже прилегающих улиц, необходимо предусматривать внутримикрорайонную сеть водостоков или подсыпку фунта по всей территории микрорайона.

Внутримикрорайонные проезды проектируют с односкатным профилем проезжей части, с пешеходными тротуарами вдоль зданий или без них в зависимости от принятой ширины проезда. Для создания нормальных и безопасных условий движения пешеходов и внутримикрорайонного транспорта значения продольных уклонов принимают в интервале от 0,08 до 0,004 (максимальный и минимальный соответственно). Поперечный уклон проектируют от 0,015 до 0,025. Лоток на проезде преимущественно располагают с противоположной стороны от здания. При проектировании вертикальной планировки внутримикрорайонных проездов привязка их осуществляется к красным отметкам лотков улиц.

В практике встречаются случаи, когда уклон поверхности направлен от улицы внутрь микрорайона, т.е. отметка поверхности микрорайона ниже отметок лотка улицы. При этом на проезде создают искусственный перелом или водораздел. На участке протяженностью 20...25 м проектируется уклон 0,01... 0,02 в сторону лотка улицы, остальная часть проезда имеет уклон по рельефу. На внутримикрорайонных проездах устраивают разъездные площадки, площадки для стоянки автомобилей и поворотные площадки, которые проектируют, как правило, односкатными с поперечным уклоном до 0,025, направленным в сторону лотка проезда.

В местах примыканий микрорайонных проездов к улицам продольные уклоны проездов не должны превышать 0,02...0,03 на расстоянии не менее 20 м в глубину микрорайона.

Отсчет привязки зданий ведется от проектных отметок красной линии, оси или лотка проезда. Здание располагается на некотором расстоянии от улицы или проезда, которое должно быть не менее 5 м. Участкам территории от здания до проезда придают поперечный уклон 0,01... 0,025 в сторону лотка. Бортовые камни, отделяющие проезжую часть от тротуара или зеленых насаждений, имеют высоту 15 см.

При привязке отметки угла здания к проектной отметке красной линии используется формула

$$Z_y = Z_{кл} + L \cdot i_n,$$

где  $Z_{кл}$  - проектная отметка красной линии в сечении данного угла;  $i_n$  - поперечный уклон;  $L$  - расстояние от красной линии до здания. При определении красной отметки угла, исходя из проектной отметки лотка проезда, она будет равна:

$$Z_y = Z_{л} + h_{б.к} + i_n \cdot (c + d),$$

где  $Z_{л}$  - проектная отметка лотка проезда;  $h_{б.к}$  - высота бортового камня;  $i_n$  - поперечный уклон;  $c$  - ширина тротуара;  $d$  - ширина зеленой полосы.

Определяя красные отметки отмоксти в углах здания, необходимо учитывать и проверять их разницу или перепад, который не должен превышать 1,2 м как по фасаду, так и по торцу. Продольные уклоны по фасаду и торцам здания принимают: минимальный - 0,005, максимальный - около 0,04. Отметка чистого пола первого этажа дома устанавливается как минимум на 0,5...0,8 м выше максимальной отметки в углах здания.

На территории микрорайона располагаются площадки различного назначения: спортивные, детские, отдыха, хозяйственные. Эти площадки иногда имеют значительные размеры. В зависимости от назначения площадки проектируют или с одним уклоном по всей поверхности, или крышеобразного типа, т.е. уклоны направлены на две стороны от ее оси. Их можно устраивать с помощью насыпи или срезки грунта на всю площадку. В этом случае проектный уклон площадки должен быть направлен в сто-

рону падения рельефа. Для уменьшения объемов земляных работ или создания нулевого баланса земляных масс наиболее целесообразно размещать их в полувыемке и полунасыпи. С существующим рельефом площадки сопрягают с помощью откосов, которые, как правило, принимают с заложением 1:2.

Вертикальную планировку участков зеленых насаждений, занимающих значительные площади в микрорайонах, проектируют локально, на бессточных местах для создания нормального поверхностного водоотвода и на участках примыкания зеленых насаждений к проездам, зданиям и сооружениям.

Основными задачами вертикальной планировки территорий зеленых насаждений являются: обеспечение отвода излишних поверхностных вод; создание удобного движения по аллеям и дорожкам; сохранение почвенного покрова; создание нормальных условий произрастания зеленых насаждений; исключение условий для эрозии почв. Уклоны на территориях зеленых насаждений принимают не менее 0,005.

Важное условие, влияющее на решение вертикальной планировки, - наличие ценной существующей древесно-кустарниковой растительности. Такие участки не должны затрагиваться вертикальной планировкой, их оставляют в естественном состоянии.

Пешеходные аллеи и дорожки проектируют с уклоном от 0,004 до 0,08. При уклонах, превышающих максимально допустимый, необходимо делать устройство лестничных сходов с высотой ступеней от 10 до 15 см, ширину ступеней принимают различной в зависимости от назначения схода, но не менее 38 см.

Дороги, проходящие по территориям зеленых насаждений и используемые для движения транспорта, проектируют как внутримикрорайонные проезды. Поперечный профиль дорог и аллей может быть односкатным и двускатным в зависимости от ширины. Поперечные уклоны принимаются около 0,02.

При различных продольных уклонах улиц и территорий зеленых насаждений они сопрягаются с помощью озелененных откосов и подпорных стенок. Заложение откосов имеет, как правило, 1:2. При значительных уклонах поверхности территории садов, скверов, бульваров устраивают террасы, которые создают допустимые уклоны. Когда участки зеленых насаждений располагаются выше улиц, и при террасировании территории связь между террасами и улицами осуществляется посредством лестниц.

При проектировании парков основное внимание уделяют архитектурно-планировочному решению. Вертикальная планировка призвана обеспечить формирование живописных участков с созданием в некоторых случаях искусственного рельефа. Вертикальная планировка парков осуществляется главным образом по дорожкам и площадям, на которых возводят здания и сооружения.

На участках зеленых насаждений вертикальную планировку разрабатывают локально, в отдельных местах. При больших уклонах территория парка решается отдельными террасами, связанными пандусами и лестничными ходами.

### **Контрольные вопросы**

1. Цель и основные задачи вертикальной планировки.
2. Естественный рельеф и способы его оценки.
3. Организация стока поверхностных вод в населенном пункте.
4. Методы вертикальной планировки.
5. Вертикальная планировка отдельных элементов населенного пункта.
6. Решение проектных задач средствами вертикальной планировки.

## **2. ВОДОСНАБЖЕНИЕ**

### **2.1. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Под **системой водоснабжения** (или просто водоснабжением) подразумевают комплекс инженерных сооружений и установок, взаимосвязанных и предназначенных для забора воды, подъема и создания требуемого напора, очистки и подготовки, хранения и транспортировки к месту потребления.

Система водоснабжения в общем случае состоит из следующих основных элементов: водозаборных сооружений, насосных станций, резервуаров, водоводов, магистральных и разводящих наружных сетей и внутреннего водопровода.

**Системы водоснабжения** классифицируются по следующим признакам.

По *роду обслуживаемых объектов* - водоснабжение населенных мест (городское, поселковое), производственное или промышленное водоснабжение, сельскохозяйственное, железнодорожное и т. д.

По *назначению* - хозяйственно-питьевое, предназначенное для удовлетворения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд населения; производственное - для снабжения водой промпредприятий; противопожарное - для тушения пожаров; сельскохозяйственное - для полива, обслуживания животных, машин и оборудования и т.п.; а также объединенная система, которая служит для одновременного удовлетворения нескольких водопотребителей.

По *взаимной связи отдельных систем водоснабжения* - совмещенные, где все элементы служат для хозяйственного, производственного и противопожарного водопровода; раздельные системы, где все элементы являются самостоятельными, составляющими как хозяйственно-питьевой, так и производственной систем; полураздельные системы имеют ряд общих элементов для городского и промышленного водоснабжения, например водоисточники и водозаборные сооружения и т. д.

По **роду водоисточников** - системы из поверхностных и подземных источников.

По **числу обслуживаемых объектов** - местные системы дан отдельного объекта, групповые - для ряда объектов, расположенных иногда в пределах большой территории и централизованные - для всего населенного пункта

По **способу подачи воды** - напорные, в которых вода подается к потребителям насосами, самотечные - когда источник водоснабжения находится выше населенного пункта по отношению к мировому океану, и вода поступает к потребителю самотеком.

По **сроку службы** - постоянные и временные.

По **размещению** водопроводных сооружений, устройств и трубопроводов относительно потребителей - наружные и внутренние водопроводы.

Производственные системы подразделяются на *прямоточные, с повторным использованием, циркуляционные и оборотные.*

**Схемы водоснабжения** выбирают, исходя из типа наружного водопровода, назначения зданий и ряда других требований (технологических, санитарно-гигиенических, противопожарных), а также технико-экономических расчетов.

На рис. 2.1 представлена общая схема водоснабжения населенного пункта.

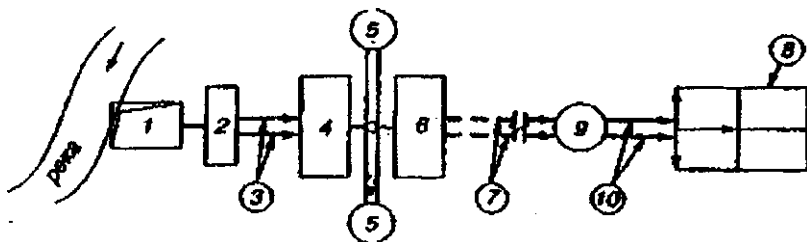


Рис. 2.1. Общая схема водоснабжения населенного пункта: 1 – водозабор из поверхностного источника; 2 - насосная станция первого подъема; 3 - водоводы не очищенной воды; 4 - очистные сооружения (сооружения по водоподготовке); 5 - резервуары чистой воды; 6 - насосная станция второго подъема; 7, 10 - водоводы (загородные); 8 - наружные магистральные и распределительные водопроводные сети; 9 - водонапорная башня

## 2.2. РЕЖИМ И НОРМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Начальным этапом проектирования водопровода является определение расходов воды (годовых, суточных, часовых, секундных) и установление режимов водопотребления. Расчетные расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды определяются по установленным удельным нормам водо-

потребления. Эти нормы показывают расход воды в литрах на одного человека в сутки. Они учитывают все хозяйственно-бытовые нужды населения городов, поселков и промышленных предприятий, обслуживающих население.

Величина расходов воды в населенных пунктах зависит от следующих обстоятельств: степени благоустройства населенного пункта или промышленного предприятия; степени санитарно-технического благоустройства отдельных зданий или объектов; климатических условий и сезона года.

Наличие в городах кинотеатров, торговых центров, благоустроенных бань, парикмахерских, прачечных, плавательных бассейнов, катков и других общественных, коммунальных и спортивных сооружений, а также усовершенствованных дорожных покрытий и зеленых насаждений ведет к увеличению удельных норм водопотребления. Характер оборудования зданий санитарно-техническими приборами также оказывает существенное влияние на нормы водопотребления.

Значения удельных расходов воды на хозяйственно-питьевые нужды приведены в табл. 2.1. В этой таблице отражены расходы воды в жилых и общественных зданиях. В состав последних включаются административные здания, детские сады-ясли, общеобразовательные школы и школы-интернаты, профессионально-технические учебные заведения, высшие и средние специальные учебные заведения, магазины, предприятия общественного питания, лечебно-профилактические учреждения, спортивные учреждения, бани, прачечные, кинотеатры и клубы.

Средний суточный расход (за год) воды на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте  $Q_{\text{сут-т}} > \text{м}^3/\text{сут.}$ , определяется по формуле:

$$Q_{\text{п.о.д}} = \sum q_{\text{в}} N_{\text{в}} / 1000,$$

где  $q_{\text{в}}$  - удельное водопотребление, л/с на 1 чел., принимаемое по табл. 2.1;

$N_{\text{ж}}$  - расчетное число жителей в районе жилой застройки с различной степенью благоустройства, чел.

Кроме среднего суточного расхода определению подлежат *суточные расходы воды наибольшего и наименьшего водопотребления*:

$$\begin{aligned} Q_{\text{сут. max}} &= K_{\text{сут. max}} Q_{\text{сут. т}} \\ Q_{\text{сут. min}} &= K_{\text{сут. min}} Q_{\text{сут. т}}, \end{aligned}$$

где  $K_{\text{сут. max}}$  и  $K_{\text{сут. min}}$  — коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, максимальный и минимальный.



Таблица 2.1

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

Коэффициенты суточной неравномерности водопотребления учитывают уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели и составляют:  $K_{сут. max} = 1,1 \dots 1,3$  и  $K_{сут. min} = 0,7 \dots 0,9$ .

Расчетные часовые расходы воды ( $m^3/ч$ ) определяются по формулам:

$$q_{ч. max} = K_{ч. max} Q_{сут. max} / 24$$

$$q_{ч. min} = K_{ч. min} Q_{сут. min} / 24.$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления  $K_{ч}$  определяется из выражений:

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

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия; принимается  $\alpha_{max} = 1,3 \dots 1,4$ ;  $\alpha_{min} = 0,4 \dots 0,6$ ;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте (табл. 2.2).

Таблица

2.2

Значения коэффициента  $\beta$ 

Коэф- фици- ент	Значения коэффициентов $\beta$ , при числе жителей, тыс. чел.												
	0.1	0.2	0.5	1,0	1.5	2,5	4,0	10	20	50	100	300	>100 0
$\beta_{\max}$	4,5	3,5	2,5	2	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1,0
$\beta_{\min}$	0,01	0,02	0,05	0,1	0.1	0.1	0,2	0,4	0,5	0,60	0,7	0,85	1,0

Расходы воды на поливку улиц, проездов, площадей и зеленых насаждений в населенных пунктах и на территории промышленных предприятий принимаются в зависимости от типа дорожных покрытий, климатических и грунтовых условий и вида зеленых насаждений в количестве от 0,3 до 15 л на 1  $m^2$  поверхности.

Расходы воды на производственные (технические) нужды промышленных предприятий определяются технологическим процессом каждого производства или типом установленного оборудования и аппаратуры.

В общем случае расходы воды на производственные нужды определяются из выражения

$$Q_{\text{сут. пр.}} = q \cdot M \cdot n,$$

где  $q$  - норма расхода воды на производство единицы продукции, м<sup>3</sup>/т;  $M$  - объем продукции за смену, т;  $n$  - количество смен.

При расчете внутреннего водопровода, вводов и внутриквартальных водопроводных сетей расчетные расходы определяются с использованием вероятности действия приборов (секундные расходы) и использования приборов (часовые расходы) /14/.

### 2.3. СВОБОДНЫЕ НАПОРЫ В СЕТЯХ ВОДОПРОВОДА

Водопроводная сеть должна обеспечивать подачу воды ко всем точкам ее потребления с нормативными расходом и свободным напором. Напор воды в водоснабжении принято измерять высотой столба воды над поверхностью земли, метр водяного столба (м вод. ст.), или сокращенно - м.

*Требуемый напор воды  $H_{тр}$*  для расчетного здания - высота столба жидкости над поверхностью земли в точке подключения к уличной водопроводной сети с учетом всех потерь при доставке к диктующей точке может быть вычислен по формуле:

$$H_{тр} = H_{Г} + \Sigma h + H_{f},$$

где  $H_{Г}$  - геометрическая высота расположения самого высокого (расчетного) водоразборного прибора над поверхностью земли у точки подключения домового ввода, м;  $\Sigma h$  - сумма потерь напора воды на пути ее движения от точки подключения домового ввода до расчетного водоразборного прибора, м вод. ст.;  $H_{f}$  - напор, необходимый для слива расчетного расхода воды, принимаемый в зависимости от типа санитарного прибора по строительным нормам, м вод. ст.

*Минимальный свободный напор в сети водопровода населенного пункта  $H_{св}$*  при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание должен приниматься при одноэтажной застройке не менее 10 м, при большей этажности— на каждый этаж добавляется 4 м:

$$H_{св} = 4(n - 1) + 10,$$

где  $n$  — число этажей.

*Максимальный свободный напор в сети объединенного водопровода (хозяйственно-питьевого и противопожарного)* диктуется устанавливаемым оборудованием и у водопотребителя не должен превышать 60 м. В случае превышения этого напора для отдельных зданий, сооружений или

зон устанавливаются регуляторы давления или применяется зонирование систем водопровода. Для промышленных предприятий минимальный свободный напор принимается в зависимости от технологии производства и характера оборудования.

#### **2.4. ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ**

В качестве источников водоснабжения используются подземные и поверхностные воды. Для производственного водоснабжения в промышленных предприятиях могут использоваться очищенные сточные воды населенных пунктов или от других производств.

Для хозяйственно-питьевого водопровода рекомендуется использовать имеющиеся ресурсы подземных вод, причем, при их недостаточном запасе должна быть рассмотрена возможность увеличения их за счет искусственного пополнения. Если подземных вод нет, то используются поверхностные источники - реки, озера, водохранилища, моря.

Забор воды из источников осуществляется с помощью водозаборных сооружений. *Водозаборы* представляют собой гидротехнические сооружения, предназначенные для приема подземных или поверхностных вод и подачи в водохозяйственные системы.

В зависимости от вида забираемых вод водозаборы подземных вод подразделяются на вертикальные (трубчатые, или артезианские, и шахтные колодцы), горизонтальные (лучевые, инфильтрационные и горизонтальные водозаборы) и каптажи.

*Трубчатые колодцы* и скважины, находят применение при захвате воды в напорных водоносных пластах, залегающих на глубинах более 10 м. Если фильтр колодца пересекает водоносный пласт на всю мощность, то водозаборы называют совершенными, если же он заглубляется лишь частично, не достигает водоупора, водозаборы называются несовершенными.

*Шахтные колодцы* (круглые или квадратные, диаметром или со сторонами не менее 0,7 м) применяются для забора воды с верхних водоносных слоев (верховодки) и в маломощных водонапорных пластах, залегающих на глубинах до 10 м от поверхности земли. В районах с ограниченным количеством подземных вод шахтные колодцы могут устраиваться глубиной до 30...40 м. Колодцы сооружаются главным образом для небольших расходов воды.

*Лучевые водозаборы* строятся для захвата подземных вод в водоносных пластах, располагающихся на глубине не более 20 м от поверхности земли и мощностью менее 20 м. Как правило, лучевые водозаборы рекомендуется проектировать вблизи рек и водоемов.

*Горизонтальные водозаборы* предназначены для захвата подземных вод при неглубоком залегании и небольшой мощности водоносных пластов путем устройства сборных перфорированных труб и колодцев.

*Инфильтрационные водозаборы* предназначены для захвата поверхностных вод (рек, водохранилищ и озер) фильтрующихся через поровые грунты, но при этом в их питании могут участвовать и подземные воды.

*Каптажные устройства* применяются для захвата подземных вод, имеющих концентрированный выход на поверхность земли в виде ключей или родников.

Водозаборы из поверхностных водоисточников могут быть разделены на речные, озерные, водохранилищные и морские. По взаимному расположению заборных устройств, береговых колодцев и насосных станций первого подъема водозаборы делятся на совмещенные и раздельные. По месту расположения водоприемных отверстий и колодцев - на береговые, русловые, трубчатые, приплотинные, ковшовые, комбинированные и т.д.

## **2.5. ОЧИСТКА ВОДЫ И ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ**

Природные воды как подземные, так и поверхностные не отвечают по своему составу требованиям, предъявляемым потребителями. *Примеси*, содержащиеся в воде, могут быть разделены на группы, которые определяют физические, химические, бактериологические и радиоактивные свойства или показатели воды. Если для приготовления воды потребителям достаточно удаления избыточных примесей, то процесс называется очисткой, а сооружения - очистными. Когда кроме очистки требуется добавление недостающих микроэлементов в воду (или специальной обработки), то процесс называется водоподготовкой.

С целью подготовки воды хозяйственно-питьевого назначения в основном применяются следующие виды ее обработки: отстаивание или осветление, обесцвечивание, оздоровление, стабилизация, кондиционирование и обеззараживание. Лишь в отдельных случаях, в основном при использовании подземных вод приходится применять такие методы обработки воды, как умягчение, обессоливание, обезжелезивание, обесфторивание и некоторые другие.

Для удаления из воды взвешенных и коллоидных частиц, применяются главным образом два процесса - *осаждение* и *фильтрование*. Эти процессы могут быть как самостоятельными, так и совмещенными, с добавлением в воду химических реагентов и без них. Для осаждения применяются горизонтальные, вертикальные, радиальные полочные отстойники. Для фильтрования применяются фильтры: медленные, скорые, сверхскоростные (в основном для производственных целей), контактные осветлители, контактные фильтры и т.д.

Каждый метод подготовки воды (или улучшения ее качества), как правило, имеет несколько технологических систем и схем. Для ускорения процессов осаждения и фильтрования, также с целью повышения эффективности протекания этих процессов в воде для ее обработки широко используют химические реагенты.

Оборудование и сооружения по обработке воды располагаются в закрытых зданиях, связанных между собой системой трубопроводов. Эти сооружения носят название очистные и могут располагаться рядом с водозаборами, а также рядом с потребителями, т.е. на территории населенных пунктов или промпредприятий.

## 2.6. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Насосные станции обеспечивают подачу воды на очистные сооружения, водонапорные баки и потребителей. По своему назначению и расположению в общей схеме системы водоснабжения насосные станции подразделяются на станции первого, второго (иногда третьего) *подъема*, повысительные станции (подкачки) и *циркуляционные* (на промпредприятиях).

По *характеру основного насосного оборудования* насосные станции могут быть следующие: с центробежными горизонтальными или вертикальными насосами; с осевыми, диагональными, горизонтальными, наклонными или вертикальными насосами; с объемными насосами; с водоподъемниками специальных типов.

По *расположению относительно поверхности земли* насосные станции делятся на заглубленные, полузаглубленные и наземные.

По *режиму работы насосов* насосные станции могут быть: постоянные, периодического, ступенчатого, сезонного и аварийного действия.

Насосные станции первого подъема (НС-1) располагаются на территории водозаборов и служат для подачи воды на очистные сооружения или регулирующие емкости. Режим работы НС-1 преимущественно постоянный. Для небольших населенных пунктов или предприятий - периодический, насосы работают во время заполнения водонапорных баков. Насосы могут быть расположены в скважинах, колодцах и береговых сооружениях поверхностных водозаборов, т.е. насосные станции, совмещенные с водозабором.

Насосные станции второго подъема (НС-2) располагаются на территории водопроводных очистных сооружений и подают в водопроводную сеть чистую воду, для распределения по потребителям. Режим работы этих насосов приближают к режиму водопотребления, который сильно зависит от режима работы предприятий и размеров населенного пункта. Чем крупнее населенный пункт, тем равномернее водопотребление и тем меньшее количество рабочих насосов необходимо устанавливать в НС-2 для приближения подачи к водопотреблению. Насосы для этого подключаются параллельно и в течение суток работает

параллельно и в течение суток работает одновременно разное количество насосов, т.е. ступенчато. Избыток и недостаток подачи воды насосами компенсируется регулирующими резервуарами, работающими в единой системе с трубопроводами. При избытке подачи вода поступает в напорный резервуар, а при недостатке - из резервуара (бака) вода поступает в водопроводную сеть. В современных условиях работа насосов регулируется автоматическими устройствами, позволяющими регулировать подачу насосов по водопотреблению, из-за чего в крупных населенных пунктах нет водонапорных резервуаров (баков).

Насосные станции третьего подъема (НС-3) устраиваются в тех случаях, когда водозаборы расположены далеко от населенных пунктов, за десятки километров, или перед отдаленными районами крупнейших городов. Режим работы насосов НС-3 должен совпадать с режимом работы НС-2, а для отдаленных районов - приближен к режиму водопотребления обслуживаемого района, а для совмещения работы с НС-2 перед ней устраиваются регулирующие резервуары.

Повысительные насосные станции (ПНС) или подкачивающие насосные станции располагаются у зданий повышенной этажности и высотных зданий, для обеспечения требуемого давления в системах внутреннего водопровода этих зданий. ПНС размещают в отдельно стоящих зданиях, совмещают с другими сооружениями подобного типа (с центральным тепловым пунктом, циркуляционной насосной станцией отопления и т.п.) или в подвале здания, если работа насосов не мешает технологическим процессам в рядом и выше расположенных помещениях (помещения не жилые или с непродолжительным пребыванием людей).

## 2.7. НАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Емкости, применяемые в системах водоснабжения, можно классифицировать по следующим признакам: *по функциональному* - регулирующие (водонапорные колонны и баки, гидропневматические установки), запасные резервы (чистой воды, противопожарные и т.п.) и запасно-регулирующие (водонапорные башни, баки и т.п.); *по способу подачи воды* - напорные и безнапорные; *по конструктивному выполнению* - водонапорные башни, водонапорные колонны, подземные и наземные резервуары; *по применяемым материалам* - железобетонные и металлические.

Регулирующие емкости позволяют обеспечить более или менее равномерную работу очистных сооружений и насосных станций второго подъема (или станций подкачки), так как при наличии регулирующих емкостей отпадает необходимость подбора насосов на расходы в часы максимального водопотребления.

Запасные емкости способствуют повышению надежности и бесперебойности работы системы водоснабжения в случаях отказа одного из ее элементов.

Места расположения емкостей: резервуары чистой воды - на очистных сооружениях, на территории водозабора из подземных источников и на территории НС-3; водонапорные колонны и башни - на территории населенных пунктов на возвышенностях; гидропневматические установки - в подвалах зданий; водонапорные баки - в чердаках или верхних технических этажах зданий.

## 2.8. НАРУЖНЫЕ ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Водопроводные линии подразделяются на *водоводы*, *транзитные*, *магистральные* и *распределительные водопроводные сети*.

Водопроводные сети по начертанию в плане и степени надежности разделяются на кольцевые и тупиковые (рис. 2.2).

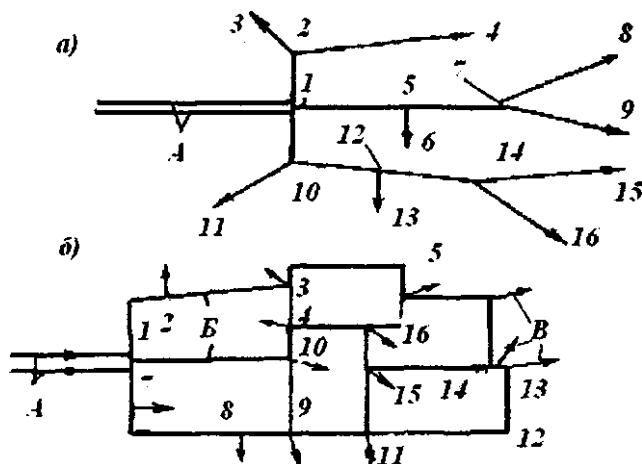


Рис. 2.2. Типы водопроводных сетей: а - тупиковая; б - кольцевая; А - водоводы; Б - магистральные линии; В - распределительные линии; Г - узловые расходы; 1 - 2, 2 - 3, 1 - 5, 5 - 7, 7 - 8 и т.д. - участки водопроводной сети для схемы (а) и 1 - 2, 2 - 3, 1 - 10, 1 - 7 и т.д. - для схемы (б)

Тупиковые водопроводные сети или отдельные линии допускается прокладывать в следующих случаях: при подаче воды на производственные цели, если допустим перерыв в водоснабжении предприятия или цеха предприятия; при подаче воды на хозяйственно-питьевые цели, если диа-

метр подающего трубопровода равен или менее 100 мм, т.е. в небольших населенных пунктах.

В системах водоснабжения, как правило, используются кольцевые сети, обеспечивающие высокую надежность работы системы.

Как тупиковые, так и кольцевые сети подразделяются на магистральные, сопроводительные и распределительные линии. *Магистральными* называются линии, на которых *транзитный расход*  $Q_{тр}$  транспортирующийся по этой линии без раздачи по ходу движения воды, превышает *путевой расход*  $Q_{пут}$  (распределяющийся по зданиям в линии по ходу движения воды), т.е.  $Q_{тр} > Q_{пут}$ ; *распределительными линиями* называются такие, на которых  $Q_{тр} < Q_{пут}$ . *Сопроводительные линии*, выполняемые для распределения путевого расхода диаметром менее 300 мм, делаются параллельно магистральным при транзитном расходе не менее 80 % суммарного расхода  $Q_{сум}$ , т.е. при  $Q_{тр} > 0,8 Q_{сум}$ . Кроме указанного деления, все водопроводные линии (водоводы и сети) делятся на участки. *Участком* называют отрезок водопроводной сети, в пределах которого расчетный расход, скорость движения воды и материал труб остаются постоянными.

Одной из основных задач проектирования водопроводных линий является выбор схемы размещения водоводов и сетей, т. е. *трассировка линий* на местности. При трассировке водопроводных сетей решается задача увязки направления прокладки с рельефом местности и планировкой территории.

Основными требованиями, диктующими выбор трассы водопроводных линий, являются: охват всех водопотребителей водопроводными линиями; наименьшая стоимость строительства и эксплуатации водоводов и водопроводной сети, для этого подача воды в заданные точки должна осуществляться по кратчайшим направлениям, с целью обеспечения наименьшей длины линий; бесперебойная подача воды потребителям как при нормальной работе, так и при возможных авариях на отдельных участках сети водопровода. Низкая стоимость определяется не только наименьшей длиной сети, но и условиями прокладки водопроводных линий: видом грунтов, трудностью пересечения естественных препятствий и количеством последних (рек, оврагов, ручьев, железных и шоссейных дорог, кладбищ, свалок и других препятствий).

Очертание в плане любой сети зависит в основном от следующих факторов: конфигурации снабжаемой водой территории; планировки объекта (расположения улиц, проездов, парков 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.

Особенностью проектирования городской водопроводной сети является выделение из всей массы водопроводных линий *системы магист-*



*ральных линий* (магистральной сети), на которую возлагается в основном работа по транспортировке воды по территории города.

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. Транзитные магистрали нужно соединять перемычками для возможности перераспределения расходов воды между магистралями при изменении работы сети. При нормальной (обычной) работе эти перемычки несут незначительную нагрузку. Кольцам, образуемым основными транзитными магистралями и перемычками, по возможности надо придавать форму, вытянутую вдоль главного направления движения воды с тем, чтобы сократить длины малоработающих перемычек.

Число параллельно работающих транзитных магистралей, с точки зрения экономики, должно быть наименьшим. Наиболее экономичным решением было бы устройство одной мощной магистрали с ответвлениями от нее (т.е. устройство тупиковой сети). Однако требование бесперебойности подачи воды потребителям вызывает необходимость устройства параллельно включенных магистралей. Обычно число магистралей принимается, исходя из расчета расстояния между ними, равного 300...600 м. Соответственно расстояние между перемычками принимается равным 400...800 м.

Сеть магистральных линий следует прокладывать равномерно по всей территории города. Магистральная сеть должна охватывать всех наиболее крупных потребителей (промышленные предприятия, предприятия коммунального обслуживания и т. п.), а также обеспечивать подачу воды к напорно-регулирующим устройствам. В точках отдачи воды этим предприятиям или различным резервуарам должна быть предусмотрена подача воды не менее чем с двух сторон.

При делении сетей на магистральные и распределительные разница должна быть значительной, иначе разделение сети будет условным и исключение из расчета распределительной сети может привести к большим неточностям. Вследствие этого в малых городах, а также удаленных от мест подачи воды в сеть районах больших городов в расчетную сеть иногда приходится включать линии, которые в других случаях должны быть отнесены к распределительной сети.

Назначение системы остальных линий сети (распределительная сеть) и сопроводительной, получающих воду из магистралей, - отдавать воду через домовые вводы и пожарные гидранты.

Трасса водопроводных линий должна проходить за пределами проезжей части улиц ближе к красной линии, а при ширине проезжей части более 20 м - по обеим сторонам улицы.

**Определение глубины заложения труб.** Глубина заложения водопроводных линий при их подземной прокладке устанавливается с учетом предотвращения замерзания воды в трубах в зимний период и нагрева ее в летний период, а также исключения повреждения труб транспортом или другой временной нагрузкой.

Глубина укладки труб, считая до их низа, должна быть больше расчетной глубины промерзания грунта, которая определяется глубиной нахождения нулевой температуры. Глубина промерзания зависит от температуры воздуха в данном районе, характера грунтов, наличия растительного и снежного покрова, условий нагревания поверхности земли солнцем и т.п.

Расчетная глубина промерзания  $h_{\text{р}}$ , устанавливается на основании многолетних наблюдений за фактической глубиной промерзания в самую холодную и малоснежную зиму. При выборе глубины укладки труб принимается во внимание 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.д.). 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)  $h_{\text{зал}}$ , принимается на 0,5 м больше расчетной глубины промерзания нулевой температуры  $h_{\text{р}}$ .

Теплотехнические расчеты проводятся и при известных глубинах промерзания. Они позволяют избежать излишнего заглубления отдельных трубопроводов, работающих при постоянных режимах и имеющих большие диаметры. Допускается, например, снижение глубины заложения трубопроводов, если в них транспортируется постоянный расход воды с температурой выше 3 °С.

Для уменьшения нагревания воды в грунте трубы рекомендуется прокладывать на такой глубине, где грунт имеет почти постоянную температуру в течение летнего периода. В большинстве регионов России это примерно 1,5 м.

Определяя глубину заложения, следует учитывать условия пересечения водопроводных линий с другими подземными сооружениями. В местах пересечений водопровод может быть проложен ниже основной линии.

## **2.9. УСТРОЙСТВО СЕТЕЙ И СООРУЖЕНИЙ НА НИХ**

**Трубы и арматура.** В современной практике строительства напорных водопроводов применяются пластмассовые, чугунные, стальные, асбестоцементные, бетонные, железобетонные, стеклянные и другие трубы.

Для безнапорных водопроводных сетей применяются бетонные и железобетонные трубы, открытые каналы из бетона, железобетона, дерева, каналы с земляной одеждой, а также бракованные стальные и чугунные трубы.

В практике водоснабжения и канализации населенных мест, промышленных предприятий и отдельных объектов за последние десятилетия все больше начинают применяться различные *пластмассовые трубы*. Использование таких труб позволяет экономить металл, сокращать продолжительность монтажа трубопроводов, а также удлинять срок их службы. Это обстоятельство связано с тем, что пластмассовые трубы не подвержены коррозии. Кроме того, гладкая поверхность таких труб обеспечивает большую пропускную способность сетей при одинаковых диаметрах.

Среди множества пластмассовых труб наибольший интерес представляют *полиэтиленовые и винилпластовые трубы*. Полиэтиленовые напорные трубы изготавливаются из полиэтилена высокой и низкой плотности и выпускаются четырех типов (Л, СЛ, С и Т) в зависимости от максимально допускаемого давления транспортируемой воды при температуре 20 °С. Типы труб определяются толщиной стенок: наименее тонкие стенки имеют трубы типа «Л» и наиболее толстые - трубы типа «Т». Трубы изготавливаются в отрезках длиной 6, 8, 10 и 12 м и диаметром от 10 до 630 мм (из полиэтилена высокой плотности), и диаметром от 10 до 160 мм (из полиэтилена низкой плотности). Для уменьшения толщины стенок пластмассовые трубы в последнее время выпускаются с металлическими прослойками внутри пластиковых поверхностных слоев - *металлопластиковые* трубы под различными товарными названиями

Чугунные трубы в зависимости от толщины стенок и испытательного давления подразделяются на три класса ЛА, А и Б. Соединения таких труб - раструбные и раструбно-винтовые. Длины труб, выпускаемых отечественной промышленностью, колеблются в пределах от 2 до 6 м, а диаметры - от 65 до 1000 мм.

Для изменения направления потоков воды, а также их разделения применяются фасонные части: колена, отводы, полуотводы, тройники, крестовины и др. Переход от одного диаметра трубопровода к другому производится с помощью переходных деталей. Этими деталями могут быть двойные раструбы и различные переходные патрубки. Установка пожарных гидрантов осуществляется на специальной фасонной части - пожарной подставке. Подобные подставки выполняются либо отдельно, либо совмещенными с другими фасонными частями.

Стальные трубы в водопроводной практике находят применение главным образом при устройстве высоконапорных водоводов и трубопроводов, подвергающихся воздействию динамических нагрузок.

Для монтажа трубопроводов применяют электрическую или газовую сварку, фланцевые, раструбные и соединения на муфтах. Сварные стыки

прочны и герметичны. В настоящее время они нашли наиболее широкое применение. Фланцевые соединения устраиваются при помощи стальных фланцев, либо привариваемых к трубе, либо надеваемых на трубу, с последующей развальцовкой концов труб или наваркой на них опорных колец,

Для соединения труб, изменения и разделения потоков воды изготавливаются стальные фасонные приварные части.

К серьезным недостаткам стальных труб следует отнести подверженность их значительной коррозии как с внутренней стороны транспортируемой жидкостью, так и с внешней стороны - грунтовыми водами. В настоящее время выпускаются стальные трубы со специальным полимерным покрытием с обеих сторон, что позволяет значительно увеличить срок службы труб и сохранять качество транспортируемой воды, а так же расширить область их применения.

Асбестоцементные трубы, применяемые при устройстве наружных водопроводов, изготавливаются трех классов - ВТ6, ВТ9 и ВТ12 на максимальное рабочее давление соответственно 0,6; 0,9 и 1,2МПа. Для соединения труб применяются асбестоцементные муфты или чугунные муфты. Трубы выпускаются условным диаметром от 100 до 500 мм длиной от 2950 до 3950 мм.

Ряд присущих асбестоцементным трубам достоинств делает вполне целесообразным их применение в некоторых случаях наравне с металлическими. К числу достоинств этих труб относятся [1,11]: малая тепло- и электропроводность; стойкость в отношении коррозии; малая плотность (2100 кг/м<sup>3</sup>), что облегчает их транспортировку и укладку; сохранение в условиях эксплуатации гладкой и незагрязненной внутренней поверхности, благодаря их незначительной шероховатости; большая пропускная способность, чем, например, у чугунных труб; легкость обработки.

Недостатками асбестоцементных труб являются их малая сопротивляемость динамическим нагрузкам, а также сложность и относительно высокая стоимость стыковых соединений.

*Бетонные и железобетонные трубы* изготавливаются как заводским способом, так и непосредственно на строительных площадках. Трубы могут быть *безнапорными* (бетонные и железобетонные) и *напорными* (железобетонные). Если транспортируемая жидкость или фунтовые воды являются агрессивными по отношению к бетону и металлу арматуры труб, то трубы следует изготавливать из бетонов и арматуры, стойких к данному виду агрессии.

По типу стыковых соединений бетонные и железобетонные трубы разделяются на раструбные, фальцевые и муфтовые.

Безнапорные железобетонные трубы изготавливаются условным диаметром  $D_y$  от 500 до 2400 мм при их длине 5000 мм и бетонные - от 100 до 1000 мм при длине от 1000 до 2000 мм. Напорные железобетонные тру-

бы изготавливаются методами виброгидропрессования и центрифугирования и выпускаются условными диаметрами от 500 до 1600 мм.

Железобетонные напорные трубы в зависимости от величины расчетного внутреннего давления подразделяются на три класса; 1 - на давление 1,5 МПа, II - на 1,0 МПа и III - на 0,5 МПа. Трубы I класса испытываются на водонепроницаемость внутренним гидравлическим давлением 1,8 МПа, трубы II класса - на 1,3 МПа и трубы III класса - на 0,8 МПа (трубы, изготавливаемые виброгидропрессованием) и на 0,7 МПа (трубы, изготавливаемые центрифугированием).

Отдельными предприятиями методом вибрации изготавливаются железобетонные напорные трубы со стальным цилиндром диаметрами от 600 до 1000 мм при длине до 5270 мм и полимержелезобетонные трубы с  $D_y = 300 \dots 1500$  мм при длине до 5200 мм.

На водопроводной сети для управления, регулирования подачи, обеспечения требуемых параметров и ремонта устанавливается следующая *арматура*: запорная, регулирующая; водоразборная и предохранительная.

Запорная арматура (вентили, краны, задвижки, затворы) применяется для отключения разводящих линии от магистральных и разделения сети на ремонтные участки. Для предотвращения гидравлических ударов в трубопроводах на них устанавливается арматура с длительными периодами закрытия и открытия. На трубопроводах с диаметром более 50 мм в основном устанавливаются задвижки, которые в зависимости от назначения, рабочего давления и условного прохода делятся на параллельные и клиновые, с выдвигными и не выдвигными шпинделями.

К водоразборной арматуре, устанавливаемой в наружной сети водопровода, относятся: водоразборные краны и колонки, пожарные гидранты. Водоразборные колонки применяются на улицах, где в зданиях отсутствует внутренний водопровод. Они устанавливаются в оживленных местах, на перекрестках улиц и с таким расчетом, чтобы расстояния между ними были не более 200...250 м. К водоразборной арматуре относятся также питьевые фонтанчики и поливочные краны. Фонтанчики устанавливаются в парках, садах, на площадях, бульварах и т. п. Поливочные краны предназначены для поливки дорожных покрытий, зеленых насаждений и т. д.

*Предохранительные клапаны* используются для предотвращения повышения давления в трубопроводах выше расчетного, например, при гидравлических ударах. *Обратные клапаны* устанавливаются на трубопроводах с целью создания движения потоков жидкости в одном направлении. Вантузы применяются для выпуска и впуска воздуха в трубопровод при нормальной его эксплуатации, а также при его опорожнении. Выпуски служат для сброса воды при опорожнении водоводов.

Как правило, арматура изготавливается фланцевой. Заказчикам она поставляется с ответными фланцами, в которых должны быть просверлены

отверстия, с прокладками и крепежными деталями. Арматура и комплектующие изделия на строительство поступают в заводской консервации, обеспечивающей защиту их от коррозии.

**Сооружения на сети.** К сооружениям на сети относятся колодцы, различные типы упоров, переходы под железными и автомобильными дорогами, дюкеры и др.

*Колодцы* предназначены для размещения задвижек, гидрантов и других видов арматуры и фасонных частей. Они устраиваются из железобетона, кирпича, бутобетона и других местных материалов. В редких случаях колодцы делают из дерева. Если уровень грунтовых вод выше дна колодца, то в колодце с наружной стороны делают гидроизоляцию на 0,5 м выше этого уровня. Для спуска в колодец на горловине и стенках колодца устанавливают стальные рифленные или чугунные скобы, в некоторых случаях допускается устройство металлических лестниц.

Вокруг люков колодцев, расположенных на участках без дорожных покрытий или в зеленой зоне, устраиваются отмостки шириной до 1 м с уклоном от люков. Отмостки и, соответственно, люки должны 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. На проезжей части улиц с усовершенствованными покрытиями крышки люков следует располагать на одном уровне с поверхностью проезжей части.

Особо сложные и значительные по размерам узлы трубопроводов больших диаметров либо разделяются на несколько колодцев, либо для размещения этих узлов проектируются камеры переключения. В колодцах на водоводах с клапанами для впуска воздуха устанавливаются вентиляционные трубы с фильтрами. На водоводах, по которым транспортируется вода хозяйственно-питьевого назначения, фильтры проектируются такими же, как у резервуаров чистой воды. В районах с низкими наружными температурами в колодцах должны предусматриваться вторые утепленные крышки для создания воздушного теплоизоляционного слоя.

При изменении направления напорных трубопроводов в горизонтальной и вертикальной плоскостях и на концевых участках возникают усилия, превышающие допускаемые усилия в стыковых соединениях. Для восприятия усилий, возникающих на отдельных точках трубопроводов, например на поворотах, устанавливаются *упоры*.

*Переходы* водопроводных линий под железными и автомобильными дорогами I и II категории, а также под городскими магистралями выполняются в футлярах из стальных труб большего диаметра, позволяющего протаскивать трубы на специальных катках. При наличии на трассе дорог, или вблизи них тоннелей, эстакад и путепроводов общего назначения должна быть предусмотрена возможность использования их для прокладки

водопроводов. Переходы обычно устраиваются на прямолинейных участках трубопроводов с пересечением полотна железных или автомобильные дорог под углом, близким к прямому. Располагаться они должны в местах с минимальным числом путей, там, где отсутствуют стрелочные переводы, съезды и перекрестки, и не ближе 10 м от опор контактной сети и фундаментов искусственных сооружений.

При производстве работ щитовым способом кожухи делают из керамических или бетонных блоков. Кожухи, как и рабочие трубопроводы, защищают от коррозии. При пересечении электрифицированных железных дорог предусматривается также защита от блуждающих токов. Проекты переходов для каждого частного случая должны согласовываться с местными организациями министерства транспорта России.

Пересечение водопроводными линиями водных преград осуществляется с помощью дюкеров (рис. 2.3). Дюкеры из стальных труб укладывают не менее, чем в две линии, причем они должны иметь усиленную антикоррозионную изоляцию, защищенную от механических повреждений. Глубину укладки подводной части трубопровода, считая до верха трубы, следует принимать не менее чем на 0,5 м ниже дна реки, а в пределах фарватера на судоходных реках - не менее 1 м. Расстояние в плане между линиями дюкеров должно быть не менее 1,5 м. Угол наклона восходящих частей дюкера принимается не более  $20^\circ$  к горизонту. По обе стороны дюкера устраиваются колодцы и переключения с задвижками. Проекты дюкеров через судоходные реки необходимо согласовывать с органами управления движения речного флота.

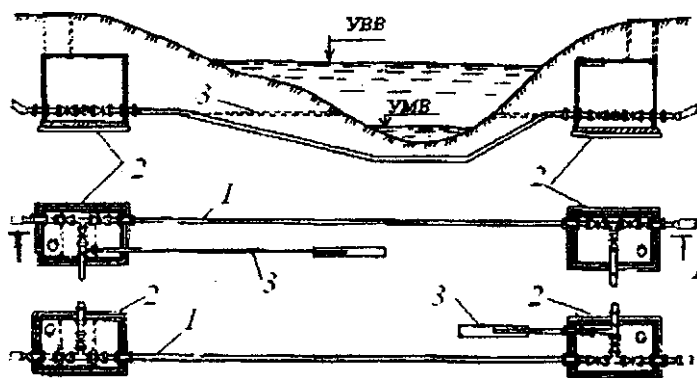


Рис. 2.3. Переходы под водными протоками (дюкеры):  
1 - сварной трубопровод; 2 - береговые колодцы; 3 - выпуски;  
УВВ и УМВ - уровни высоких и меженных вод

**Надземные и наземные 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 укладывают по дамбам с основанием из минерального грунта, а иногда по сваям с ростверками и лагам (наземная прокладка). В отдельных случаях допускается прокладка трубопроводов разного назначения в тоннелях и каналах. Тоннели выполняются проходными, полупроходными и непроходными, одно- и двухсекционными. При устройстве тоннелей закрытым способом их обычно выполняют щитовым методом и они имеют круглые сечения.

**Вводы в здания и сооружения.** Конструкция ввода в здание или сооружение представляет собой короткий прямой участок трубопровода, соединяющий наружную водопроводную сеть с внутренней водопроводной сетью здания или сооружения и предназначенный для подачи воды из наружной сети во внутреннюю. Для того чтобы вводы имели наименьшую длину, от уличной сети их проводят перпендикулярно к зданию. 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 (рис. 2.4).

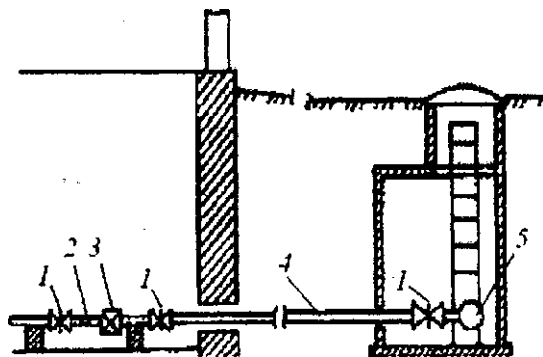


Рис. 2.4. Ввод в здание: 1 - задвижки; 2 - устройство для слива воды; 3 - водомер; 4 - ввод; 5 - городской водопровод

Как правило, в жилых зданиях делают один ввод или даже один ввод на группу зданий. В промышленных крупных цехах, высотных и производственно-коммунальных зданиях - два и более. Глубина заложения трубопровода ввода обычно должна соответствовать глубине заложения



уличного водопровода и располагаться ниже глубины промерзания. Вводы устраивают из пластмассовых или чугунных труб диаметром 50... 100 мм и реже - из труб Ø 150 мм.

Водомерные узлы устанавливают вблизи наружных стен зданий в сухих, теплых и нежилых помещениях. В водомерный узел должен быть обеспечен свободный доступ обслуживающего персонала.

Размер отверстия в стене делается на 150...200 мм больше, чем диаметр трубы. Пропускаемая через стену труба помещается несколько ниже оси отверстия. Кольцевой зазор между трубами сначала забивают паклей, а затем заливают специальным раствором. Например, раствор может состоять из песка и антраценового масла или битумов. При оседании стены внутренняя труба будет оставаться неподвижной, а набивка с раствором растрескается или уплотнится.

### **Контрольные вопросы**

1. Источники водоснабжения.
2. Системы и схемы водоснабжения.
3. Водозаборные сооружения.
4. Очистка и подготовка воды.
5. Трассировка водопроводных сетей.
6. Общая схема водоснабжения населенного пункта.
7. Сооружения на водопроводных сетях.
8. Оборудование, устанавливаемое в водопроводных сетях.

## **3. КАНАЛИЗАЦИЯ**

### **3.1. СТОЧНЫЕ ВОДЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ**

**Канализация или водоотведение** - это комплекс инженерных сооружений и устройств, служащих 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:

- *хозяйственно-бытовые* - поступающие из унитазов, раковин, ванн и прочих приборов; они образуются в жилых, общественных, коммунальных и некоторых административно-бытовых и промышленных зданиях;

- *производственные* - образующиеся в результате использования воды в различных технологических процессах производства;

- *дождевые (атмосферные)* - появляющиеся на поверхности проездов, площадей, крыш и т.д. при выпадении атмосферных осадков и таянии снега.

Сточные воды всех указанных категорий содержат некоторое количество загрязнений органического и минерального происхождения, а так

же микробиологические. Все загрязнения могут находиться в растворенном, коллоидном и нерастворенном состоянии; наиболее опасными в санитарном отношении являются сточные воды, содержащие большое количество гниющих органических веществ: в том числе фекалии, мочу и различного рода бактерии. Среди микроорганизмов могут находиться и бактерии патогенной группы (болезнетворные).

Производственные сточные воды подразделяются на загрязненные и малозагрязненные. Вещества, загрязняющие производственные сточные воды, разнообразны и зависят от технологии и вида 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.

Состав сточных вод характеризуется концентрацией загрязнения, т.е. количеством загрязнения в единице объема, которая выражается в мг/л или г/м<sup>3</sup>.

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.).

Общее количество взвешенных веществ в бытовых сточных водах составляет 65 г в 1 сутки на 1 человека, а концентрация загрязнения - в среднем 180...500 мг/л /16/.

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 сут. (БПК<sub>5</sub> и БПК<sub>20</sub>), для бытовых сточных вод БПК<sub>5</sub> = 0,87 БПК<sub>20</sub>. Полное значение БПК должно определяться за 50... 100 сут. Однако по величине оно незначительно превышает БПК<sub>20</sub> (на 1...2 %), поэтому на практике можно принимать БПК<sub>полн</sub> = БПК<sub>20</sub>. От одного человека за сутки поступает с бытовыми сточными водами 75 г органических загрязнений по БПК<sub>полн</sub>. В осветленной воде (после отстаивания) БПК<sub>полн</sub> = 40 г/сут. на 1 человека, пользующегося канализацией. Концентрация органических загрязнений в неосветленных бытовых сточных водах по БПК<sub>20</sub> в зависимости от нормы водоотведения в среднем составляет 200...600 мг/л.

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

В дождевых сточных водах концентрация загрязнений по взвешенным веществам и БПК<sub>полн</sub> может колебаться в широких диапазонах в зависимости от санитарного состояния и степени благоустройства территории, интенсивности движения транспорта, загрязненности воздушного бассейна и других факторов. Ориентировочно можно принимать загрязненность дождевых вод в 5... 10 раз меньше по БПК<sub>полн</sub> и в 2...3 раза больше по взвешенным веществам, чем в бытовых сточных водах.

### 3.2. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

Отвод 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 современных городах для удаления сточных вод за пределы их территорий устраивают различные системы централизованной канализации. В зависимости от того, какие категории сточных вод отводит канализационная система, различают следующие системы канализации.

*Общесплавная система канализации* - это система, при которой по одной подземной сети труб и каналов отводятся сточные воды всех категорий (бытовые, производственные и атмосферные) за пределы населенных мест (рис. 3.1, а). Коллекторы общесплавной канализации имеют большие сечения, в результате чего их строительство требует больших единовременных капиталовложений.

С целью уменьшения диаметров труб сети, объемов очистных сооружений и мощностей насосных станций на главных коллекторах предусматривают камеры с ливнеспусками и ливнеотводами, через которые часть дождевых вод в смеси с другими сточными водами сбрасывается без очистки в водоемы во время сильных (интенсивных) дождей. При устройстве общесплавной системы канализации 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 канализации по санитарным показателям в настоящее время для населенных мест не проектируются. Их можно применять в тех случаях, когда будет предусмотрена очистка и обеззараживание смеси сточных вод, отводимых на сброс в водоемы через ливнеспуски.

*Раздельная система канализации* может быть полной и неполной. При полной раздельной системе (рис. 3.1, б) прокладывают две самостоятельные подземные сети труб и каналов, из которых одна служит для отведения бытовых и загрязненных производственных сточных вод, а вторая - для отведения дождевых и малозагрязненных производственных сточных вод. Первая сеть называется *производственно-бытовой* или бытовой, а

вторая - *дождевой*. По бытовой сети сточные воды поступают на очистные сооружения, расположенные большей частью за пределами населенных мест. Дождевые воды отводятся по другой сети трубопроводов в ближайший водный поток. В дождевую сеть могут отводиться малозагрязненные производственные сточные воды.

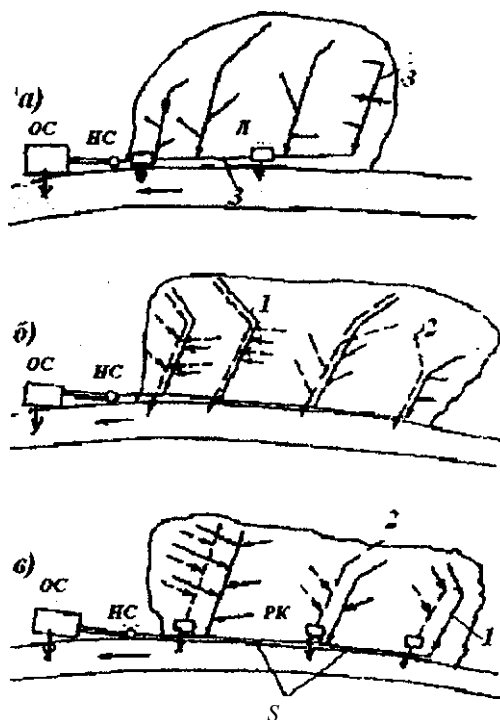


Рис. 3.1. Системы канализации: а - общесплавная; б - полная раздельная; в - полураздельная; 1 - производственно-бытовая сеть; 2 - дождевая сеть; 3 - общесплавная сеть; ОС - очистные сооружения города; НС - насосные станции; Л - ливнепуски; РК - разделительные камеры

При раздельной системе бытовая сеть (рис. 3.1,б), которую строят в первую очередь, имеет диаметр труб и каналов значительно меньше, чем дождевая. Обычно расчетные расходы дождевых вод превышают расходы бытовых вод в несколько раз. В том случае, когда при раздельной канали-

зации устраивают только бытовую сеть, а дождевые воды отводят по открытым лоткам и канавам, систему называют *неполной раздельной*.

*Полураздельная система* канализации (рис. 3.1, в) 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. 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.

Для повышения санитарных показателей полной раздельной системы канализации 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 полно экологическим требованиям отвечает полураздельная система канализации, так как в этом случае загрязненные сточные воды всех категорий удаляются за пределы населенного места и подвергаются очистке. Однако капиталовложения на одновременное строительство двух сетей и специальных камер велики, поэтому полураздельные системы канализации пока еще не получили широкого распространения.

Наиболее распространена в России *раздельная система канализации*. Эта система удовлетворительна в экологическом 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 системе канализации, т. е. по лоткам и кюветам.

Системы канализации внутри зданий, во дворах или на территории кварталов решаются, исходя из принятой системы наружной канализации. В зависимости от состава сточных вод *внутреннюю канализацию* подразделяют на следующие виды:

- *хозяйственно-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 в эту сеть;
- *производственную*, предназначенную для отведения из цехов производственных сточных вод;

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

Внутренняя хозяйственно-бытовая канализация (рис. 3.2) состоит из приемников сточных вод 1 (унитазов, раковин, ванн, моек и пр.); отводных линий 2 к стоякам; стояков 3 с ревизиями 6; сборных отводных линий 4, к которым присоединяются стояки, и выпусков 5. Стояки оканчиваются вытяжной (вентиляционной) трубой 8. Для очистки возможных мест засорения устанавливаются прочистки 7. Для предотвращения попадания в помещения газов с неприятным запахом, под приемниками сточных вод устанавливаются гидравлические затворы (сифоны) или они предусматриваются в конструкции приборов (унитаз, трап).

### 3.3. НОРМЫ И РЕЖИМ ВОДООТВЕДЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ

Для определения расчетных расходов необходимо знать количество жителей, проживающих в населенных местах, норму водоотведения и режим поступления сточных вод в сеть.

Нормы водоотведения для населенных мест принимают равными нормам водопотребления - от 125 до 350 л/сут. на одного жителя, в зависимости от степени благоустройства зданий. Ранее уже говорилось о неравномерности потребления воды. В связи с этим существует и неравномерность ее отведения. Понятия о *коэффициентах часовой  $K_{ч}$  и суточной  $K_{сут}$  неравномерности* в водопроводе и канализации аналогичны. Однако их численные значения будут различными, что связано с условиями движения жидкости и дополнительным поступлением воды в канализационную сеть от сетей центрального горячего водоснабжения и др.

Различают коэффициенты общей максимальной  $K_{gen.max}$  и *минимальной  $K_{gen.min}$  неравномерности водоотведения*. Установлено, что неравномерность поступления сточных вод в канализационную сеть зависит от среднего расхода воды, протекающей по ней: чем больше средний расход воды в сети, тем меньше диапазон колебаний расходов по часам суток. Значения коэффициентов неравномерности в зависимости от среднего расхода сточных вод, протекающих по сети, приведены в табл. 3.1.

Значения коэффициентов общей неравномерности водоотведения

Q <sub>ср</sub> , л/с	Значения коэффициентов общей неравномерности при среднем расходе сточных вод с территорий, л/с							
	5,0	10	20	50	100	300	500	1000
K <sub>gen.max</sub>	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47
K <sub>gen.min</sub>	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69
								1,44
								0,71

Таблица 3.1

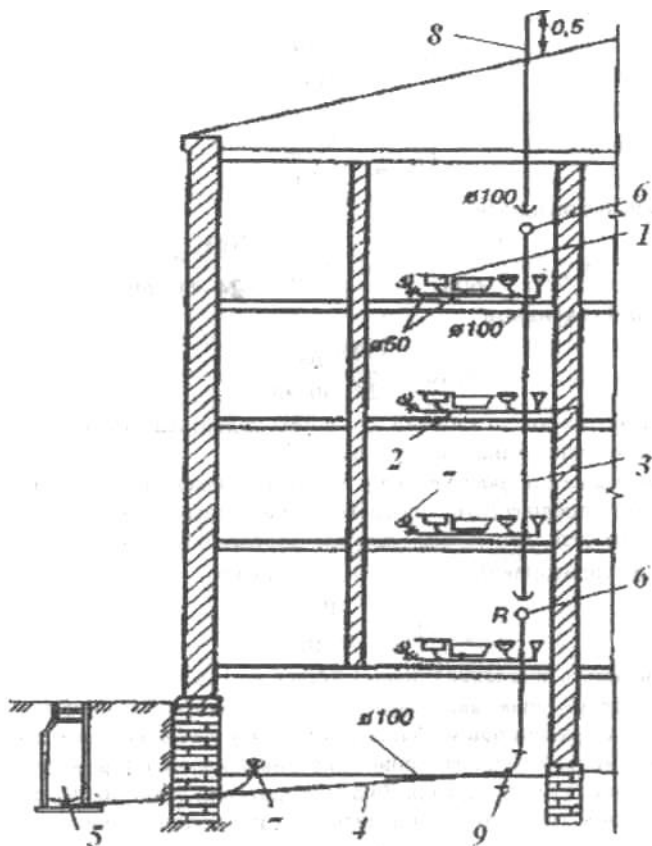


Рис. 3.2. Элементы внутренней канализации жилых зданий:

- 1 - приемники сточных вод; 2 - отводные трубы; 3 - стояк; 4 - сборная труба, заканчивающаяся выпуском; 5 - колодец дворовой канализации; 6 - ревизии; 7 - прочистки; 8 - вытяжка или вентиляционная часть стояка; 9 - подключение другого стояка

Для расчета канализационной сети и сооружений на ней, а также для расчета очистных сооружений необходимо знать *расчетные расходы* — средние, максимальные и минимальные суточные, часовые, секундные.

Расходы бытовых сточных вод ( $\text{м}^3/\text{сут.}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , л/с) определяют по формулам:

среднесуточный

$$Q_{u,m} = \frac{Nq}{1000},$$

среднечасовой

$$Q_{hr,m} = \frac{Q_{u,m}}{24},$$

максимальный секундный

$$Q_{\max} = \frac{Q_{hr,m}}{3600} \quad \text{или} \quad Q_{\max} = \frac{NqK_{gen,max}}{24 \cdot 60 \cdot 60},$$

минимальный секундный

$$Q_{\min} = \frac{NqK_{gen,min}}{24 \cdot 60 \cdot 60},$$

где  $N$  - расчетное число жителей;  $q$  - норма водоотведения на одного жителя, пользующегося канализацией, л/сут.

*Гидравлический расчет сети* ведут на максимальный секундный расход. Этому предшествует определение расчетных расходов по отдельным участкам сети. Вот почему вначале определяют *удельный расход* канализуемой территории  $q_{уд}$ , л/с с 1 га, по формуле

$$q_{уд} = \frac{qp_n}{86400},$$

где  $p_n$  - плотность населения (число жителей на 1 га).

Затем территорию населенного места разбивают на площади стока, тяготеющие к прилегающим участкам сети. Эту разбивку проводят с учетом рельефа местности и планировки внутриквартальной территории. Если рельеф местности плоский, то разбивку территории ведут по биссектрисам углов кварталов. После этого подсчитывают полученные площади стока, с которых поступают расходы на каждый участок площадью  $F$ . Определяют *средний секундный расход*  $q$ , л/с по формуле

$$q = q_{уд}F$$

и *расчетный расход*  $q_p$ , л/с

$$q_p = q_{\max} = q_{уд}FK_{gen,max}.$$

Большие города могут иметь районы с разной плотностью застройки. В этом случае для каждого района приходится определять удельный расход сточных вод, учитываемый далее при вычислении расчетных расходов.

При расчете внутренней и дворовой канализации расчетный расход сточных вод определяется по формуле

$$q^s = q_0^s + q^{tot},$$

при  $q^{tot} > 8$  л/с



$q^s = q^{tot}$ , где  $q_o^s$  - нормативный расход сточных вод от прибора с наибольшим расходом, л/с;

$q^{tot}$  - общий расчетный расход холодной и горячей воды, л/с, поступающей от приборов, обслуживаемых участком канализационной сети.

Общий расчетный расход холодной и горячей воды определяется с учетом количества приборов, подключенных к этому участку и вероятности их действия /14/.

*Расчетные расходы бытовых сточных вод* от промышленных предприятий определяют, исходя из числа работающих в максимальную смену. Нормы водоотведения принимаются 25 и 45 л в 1 смену на одного человека соответственно для холодных и горячих цехов (с тепловыделением более 84 кДж на 1 м<sup>3</sup>/ч) и коэффициенты часовой неравномерности  $K_{хч} = 3$ ,  $K_{гч} = 2,5$ . Суточный, максимально часовой и расчетный секундный расходы определяются по формулам:

$$Q_{сут.} = \frac{25N_x + 45N_{Г}}{1000},$$

$$Q_{max,ч} = \frac{25N_{x,см}K_{ч}^x + 45N_{Г,см}K_{ч}^Г}{1000T},$$

$$q_{max,с} = \frac{1000Q_{max,ч}}{3600} = \frac{Q_{max,ч}}{3,6},$$

где  $N_x$ ,  $N_{Г}$ ,  $N_{x,см}$ ,  $N_{Г,см}$  - число рабочих в холодных горячих цехах соответственно в сутки и в смену с наибольшим числом работающих;

$T$  - продолжительность смены, ч.

*Расчетные расходы производственных сточных вод* определяют по формулам: суточный  $Q_{пр}$ , м<sup>3</sup>/сут

$$Q_{пр} = \frac{q_{пр}^н M}{1000},$$

и секундный  $q_{пр}$ , л/с

$$q_{пр} = \frac{q_{пр}^н M_{см}}{3600T},$$

где  $M$ ,  $M_{см}$  - количество выпускаемой продукции соответственно в сутки и в смену с наибольшей производительностью;

$q_{пр}^н$  - удельное водоотведение производственных вод;

$T$  - продолжительность смены (работы оборудования), ч.

### 3.4. ТРАССИРОВКА КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Канализационную сеть обычно устраивают *самотечной*, безнапорной и с неполным заполнением сечения коллектора. Для того чтобы вода протекала с необходимой скоростью, сеть прокладывают с уклоном. При малых уклонах поверхности земли и большом протяжении сети коллекторы приходится заглублять, что значительно удорожает производство работ. Экономически и технически открытым способом целесообразно прокладывать канализационную сеть до глубины 5...6 м. Если сеть уже заглублена до этого предела, то во избежание увеличения глубины на сети целесообразно сооружать *насосную станцию* или осуществлять строительство закрытым способом (шахтным способом, методом горизонтального бурения и т.д.).

При трассировке канализационных сетей учитывают рельеф местности и вертикальную ее планировку, размещение водных протоков и мест сброса сточных вод, а также данные гидрогеологических изысканий. На схему канализации влияет также размещение очистных сооружений. Различают несколько схем трассировки уличной канализационной сети относительно кварталов в зависимости от рельефа местности и вертикальной планировки территории (рис. 3.3).

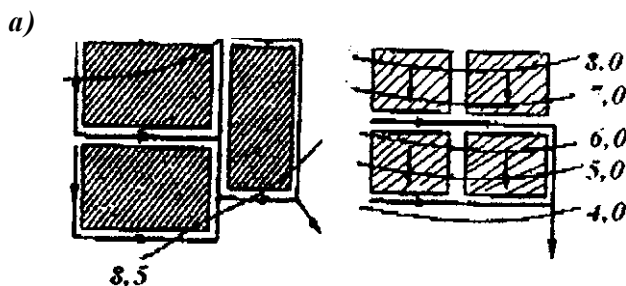


Рис. 3.3. Схемы начертания уличной канализационной сети относительно кварталов: а - объемлющая (охватывающая); б - с пониженной стороны кварталов

Главные и сборные коллекторы трассируют вдоль рек и тальвегов (линий соединяющих наиболее пониженные участки речной долины, оврага). По этим коллекторам сточные воды бытовой или общесплавной сети отводят на очистные сооружения и после очистки сбрасывают в водоем. В подобном случае выпуск сточных вод производится за чертой населенного места. Дождевую сеть при проектировании трассируют из расчета выпуска сточных вод в водоем по кратчайшему расстоянию. Грунтовые условия также оказывают влияние на трассировку сети.

На общей схеме канализации кроме линий сети отмечают сетевые сооружения: дюкеры, переходы и камеры различного назначения. На схеме намечаются места расположения насосных станций, очистных сооружений и выпусков.

### 3.5. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАНАЛИЗАЦИИ

*Канализационные насосные станции* служат для перекачки сточных вод на очистные сооружения из заглубленных коллекторов, а также для подъема воды из коллекторов глубокого заложения в коллекторы с меньшим заложением. В первом случае станции называются *главными (бассейновыми или районными)*, во втором - *станциями подкачки* (перекачки). Место расположения насосных станций определяется при проектировании сети.

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 грунтов. Строят их обычно опускным способом, т.е. возведением стен по мере погружения в грунт за счет собственной массы стены.

Прямоугольными, как правило, сооружают станции большой производительности, имеющие сравнительно малое заглубление.

При насосных станциях предусматриваются *приемные резервуары* (емкости). Эти емкости необходимы для приема сточных вод, выравнивания режима работы насосов, так как сточные воды поступают на станцию неравномерно. Резервуары устраивают совмещенными со зданием станции или отдельно стоящими.

#### **Форма поперечного сечения труб и каналов и их характеристика.**

В практике устройства систем канализации используются трубы и каналы разнообразной формы поперечного сечения. Формы поперечного сечения коллекторов с определенным допущением можно разделить на круглые, сжатые и вытянутые.

Трубы с круглой формой поперечного сечения имеют лучшие прочностные характеристики и высокую степень автоматизированного производства при изготовлении, поэтому они получили наиболее широкое распространение (около 90 % всех сооружаемых сетей). *Экономическим показателем* служит отношение стоимости 1 м уложенных труб к их максимальной пропускной способности. Чем меньше величина этого показателя, тем экономичнее сеть.

Каналы со сжатыми сечениями наиболее часто применяются при прокладках в тяжелых гидрогеологических условиях, когда нужно уменьшить глубину заложения сети. Сечения этого типа обладают большой пропускной способностью при малой высоте коллектора. Их применяют для отвода больших количеств воды с незначительным колебанием расхода.

Вытянутые формы поперечного сечения получили наибольшее распространение при сооружении общесплавной системы канализации. Объясняется это тем, что в общесплавной системе канализации при отсутствии дождей расходы сточных вод малы. Теоретически же этот профиль сечения обеспечивает наибольшую скорость течения воды при малых расходах, так как гидравлический радиус вытянутого сечения больше, чем других видов сечений.

Лотки с сечениями прямоугольной и трапецидальной формы устраивают обычно на территориях очистных сооружений, дождевых коллекторов, при неполной раздельной канализации, а также для внутрицеховой канализации.

*Очистка сточных вод.* Загрязнения, содержащиеся в сточных водах разных категорий, подразделяются на грубодисперсные (легко задерживаемые в решетках и при отстаивании), коллоидно-растворенные (находящиеся во взвешенном состоянии) и истинно растворенные. Они могут быть органического и минерального происхождения.

Необходимая степень очистки сточных вод перед выпуском их в водоем определяется расчетом. При этом нужно знать концентрацию загрязнений в сточных водах, количество сточных вод, мощность водоема, а также состав воды водоема. Спуск сточных вод в поверхностные водоемы регламентируется Правилами охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами.

По назначению водоемы подразделяют на два вида. Первый вид - водоемы **хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения**, которые используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоснабжения предприятий пищевой промышленности, а также для культурно-бытовых целей населения, отдыха, спорта. Второй вид - водоемы **рыбохозяйственного назначения**, используемые для разведения ценных пород рыб, и прочих рыбохозяйственных целей.

После смешения сточных вод с водой водоема в водоемах различной категории содержание загрязнений регламентировано. Содержание растворенного кислорода в воде водоема в летнее время должно быть не менее 6 или 4 мг/л соответственно. Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более чем на 0,25 или 0,75 мг/л. Значение БПК<sub>5</sub> не должно превышать 2 или 4 г/м<sup>3</sup>, в зависимости от вида водоема. Величина pH (активная реакция) должна быть не ниже 6,5 и не выше 8,5. Нормируется и ряд других показателей (окраска, запах, содержание ядовитых веществ, температура и пр.). Особое внимание уделяется присутствию в сточных водах возбудителей различных заболеваний. Спуск сточных вод, в которых присутствуют возбудители заболеваний, разрешается только после дезинфекции.

Методы очистки сточных вод можно подразделить на механические, химические, физико-химические и биологические.

При *механических методах очистки* из сточных вод выделяются оседающие и всплывающие вещества. В процессе этой очистки можно задерживать до 60...80 % нерастворенных загрязнений. Для задержания крупных веществ и отходов (например, бумаги, тряпок и кухонных отходов) служат *решетки*. Для осаждения твердых частиц главным образом минерального происхождения (песка, гравия, угля и пр.) служат *песколовки*, устанавливаемые после решеток. *Отстойники* - основной и наиболее распространенный тип очистных сооружений, возводимых с целью механической очистки сточных вод» 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 получения биологического газа путем метанового брожения анаэробными микроорганизмами, а затем - на обезвоживание и подсушивание, после чего осадок может использоваться как сельскохозяйственное удобрение, после согласования с соответствующими службами.

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

Биологические методы очистки применяются для извлечения из сточных вод мельчайшей взвеси, не оседающей в отстойниках, а также коллоидов и растворенных веществ. В результате аэробных биохимических процессов, протекающих в сооружениях этого типа, происходит минерализация органических веществ. Биологическая очистка является второй ступенью очистки сточных вод.

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). Во вторую группу включают **искусственные** сооружения, специально возводимые для очистки сточных вод *биологические фильтры* различного типа и *аэротенки*, т.е. сооружения, в которых выращиваются аэробные микроорганизмы (биологическая пленка или активный ил), участвующие в минерализации органических веществ, поступающих со сточными водами. После биофильтров и аэротенков сточные воды направляются на вторичные отстойники, где задерживается биологическая пленка или активный ил. После этого сточные воды поступают на обеззараживание.

При выборе сооружений для биологической очистки в первую очередь необходимо установить возможность устройства полей орошения или полей фильтрации. *Полями орошения* называют специально подготовленные территории пашни, используемые для биологической очистки сточных вод и одновременно для выращивания сельскохозяйственных культур. *Поля фильтрации* предназначаются только для биологической очистки сточных вод.

Процесс биологической очистки на полях орошения и фильтрации состоит в следующем. При фильтрации сточных вод через грунт 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.

*Обеззараживание.* Даже при полной биологической очистке ликвидировать бактериальные загрязнения сточных вод не удастся. В аэротенках можно задерживать до 95 % бактерий. Окончательно уничтожить все бактерии можно лишь путем обеззараживания (дезинфекции) воды, поэтому при искусственной очистке сточных вод предусматриваются установки для их дезинфекции (обычно хлором). Продолжительность контакта хлора со сточными водами составляет 30 мин и осуществляется во вторичных отстойниках после биологических фильтров без рециркуляции, или в специальных контактных резервуарах.

Биологической очистке предшествует механическая. Основной состав сооружений, необходимых для полной биологической очистки городских сточных вод приведен на рис. 3.4.

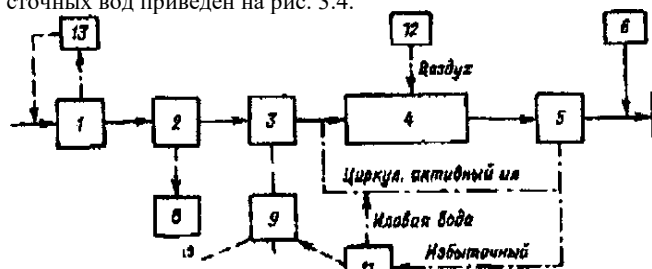


Рис. 3.4. Схема полной биологической очистки городских сточных вод:

1 - решетки; 2 - песколовки; 3 - первичные отстойники; 4 - аэротенки;  
5 - вторичные отстойники; 6 - хлораторная; 7 - контактный резервуар; 8 - песковые площадки; 9-метантенки; 10-иловые площадки; 11 - илоуплотнители; 12 - компрессорная; 13 - дробилка; 14 - газгольдерная станция

Физико-химические методы (флотация, сорбция, эвапорация, экстракция, использование мембран, реагентов и др.) применяются в основном для очистки производственных сточных вод, но при высоких требованиях к качеству очищенных стоков, могут использоваться и для доочистки городских сточных вод.

В хозяйство очистной станции входят различные подсобные сооружения и помещения: котельная, насосные, мастерские, гараж, здание для обслуживающего персонала, газгольдер, лаборатория и др.

Размеры отводимых под очистные сооружения площадей зависят от принятого способа очистки и количества сточных вод, поступающих на очистные сооружения. Между жилыми кварталами населенного места или пищевыми предприятиями и площадкой очистных сооружений следует предусматривать санитарно - защитную зону, ширина которой зависит от состава очистных сооружений, преобладающего направления ветра и других факторов и принимается в соответствии с нормами /16/ не менее 150...500 м в зависимости от состава и производительности сооружений.

### 3.6. РАСЧЕТ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

*Основы гидравлического расчета.* Как уже отмечалось, во всех системах канализации сточные воды перемещаются по трубам самотеком. Только трубопроводы от насосных станций и некоторые сетевые сооружения работают полным сечением под напором.

*Гидравлический расчет* сети всех систем канализации, как правило, проводят по формулам для равномерного движения жидкости:

$$Q = \omega v; \quad (2.1)$$

$$I = \frac{\lambda}{4R} - \frac{v^2}{2g}, \quad (2.2)$$

$$v = c\sqrt{Ri}, \quad (2.3)$$

$$c = \frac{1}{n_1} R^y, \quad (2.4)$$

где  $Q$  - расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\omega$  - площадь живого сечения,  $\text{м}^2$ ;  $v$  - и средняя скорость движения сточных вод,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $I$  - гидравлический уклон (потери напора на единицу длины);  $R$  - гидравлический радиус,  $\text{м}$ ;  $\lambda$  - коэффициент трения по длине водовода;  $g$  - ускорение силы тяжести,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $C$  - коэффициент Шези;  $n_1$  - коэффициент шероховатости: для самотечных коллекторов круглого сечения  $n_1 = 0,014$ , для напорных трубопроводов  $n_1 = 0,013$ ;  $i$  - уклон трубы.

Показатель степени  $y$  может определяться по формуле академика Н.Н. Павловского:

$$y = 2,5\sqrt{n_1} - 0,13 - 0,75R(\sqrt{n_1} - 0,1); \quad (2.5)$$

для приближенных расчетов

$$y \approx 0,167.$$

При расчетных расходах жидкость протекает по трубам в турбулентном режиме. При этом коэффициент  $\lambda$  определяют по формуле профессора Н. Ф. Федорова:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -21g \left( \frac{\Delta_3}{13,68R} + \frac{a_2}{Re} \right) \quad (2.6)$$

где  $\Delta_3$  - эквивалентная абсолютная шероховатость;  $a_2$ - коэффициент, характеризующий неравномерность шероховатости и неоднородность структуры потока при разной скорости движения жидкости;  $Re$  - безразмерное число Рейнольдса:

$$Re = \frac{vD}{\nu}, \quad (2.7)$$

где  $\nu$  - коэффициент кинематической вязкости, м<sup>2</sup>/с.

На практике целесообразно пользоваться расчетными таблицами Н.Ф. Федорова и Л.Е. Волкова, составленными по формулам (2.1), (2.2), (2.6) или А.А. и Н.А. Лукиных по формулам (2.1), (2.3) - (2.5).

*Безнапорные* (самотечные) *канализационные сети* проектируют так, чтобы они работали при частичном наполнении труб (табл. 3.2). Это необходимо по эксплуатационным соображениям (для вентиляции и очистки сети), а также как резерв на случай изменения режима поступления сточных вод в сеть (или изменения их количества).

Таблица 3.2

Допустимые значения скорости движения воды и наполнения потоком коллекторов

Диаметр $D$ , мм	Наполнение, в долях $D$ , не более	Скорость, м/с, не менее
150...250	0,6	0,7
300...400	0,7	0,8
450...900	0,75	0,9... 1,15
1000... 1500	0,8	1,15...1,3
> 1500	0,8	1,5

*Расчетное наполнение трубопроводов* при отведении бытовых сточных вод, зависит от диаметра труб  $D$  (см. табл. 3.2).



Трубы дождевой (ливневой) и общесплавной канализации принимаются при расчетах работающими полным сечением.

*Расчетные скорости* должны быть такими, чтобы при движении сточной жидкости по трубам из нее не выпадал осадок. Такие скорости называются *минимальными* или *критическими*, а также *самоочищающими*. Они приведены в табл. 3.2. При больших скоростях происходит быстрый износ стенок труб, истирающихся твердыми частицами, которые содержатся в сточных водах. Наибольшая (максимально допустимая) расчетная скорость движения сточных вод принимается равной 8 м/с для металлических и 4 м/с для неметаллических труб, а для дождевой канализации соответственно 10 и 7 м/с /16/.

Уклоны труб. Скорость движения жидкости в трубах зависит от уклона последних. Минимальный уклон труб различного диаметра  $I_{min}$  может быть вычислен по формуле (2.2) при подстановке в нее минимальной скорости. При подстановке максимальных скоростей могут быть определены максимально допустимые уклоны.

Строительные нормы и правила рекомендуют принимать следующие значения наименьших уклонов трубопроводов бытовых канализационных сетей: 0,008 при  $D = 150$  мм; 0,007 при  $D = 200$  мм, а при больших диаметрах минимальный уклон предварительно можно принять по формуле

$$I_{min} = \frac{1}{D},$$

где  $D$  - диаметр трубы, мм.

### 3.7. УСТРОЙСТВО КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ И СООРУЖЕНИЙ НА НИХ

*Трубы*, применяемые для прокладки канализационных сетей, должны быть водонепроницаемыми, прочными и долговечными, устойчивыми по отношению к коррозии и температурному влиянию, а также должны иметь гладкую внутреннюю поверхность. Этим требованиям в основном отвечают пластмассовые, керамические, бетонные, железобетонные и асбестоцементные трубы, получившие наибольшее распространение в практике строительства.

*Пластмассовые трубы* - в настоящее время нормами рекомендуются как основные, как имеющие ряд преимуществ перед другими типами. Выпускаются они в широком ассортименте. В зависимости от местных условий по фунтам, глубине заложения и других факторов рекомендуется применять полиэтиленовые, поливинилхлоридные, металлопластиковые и из других полимерных материалов трубы. Ассортимент труб разнообразен как по диаметру, так и по толщине и прочности. Более полное о параметрах труб надо смотреть по техническим паспортам выпускаемых труб.

*Керамические трубы* канализационные изготавливают в соответствии с ГОСТ 286-82 диаметром 150...600 мм. Они особенно широко используются для устройства сетей бытовой канализации, прокладываемой обычно из труб малых диаметров и отводящей слабоагрессивные сточные воды. Для отведения стоков промышленных предприятий, содержащих большое количество кислоты, применяются керамические кислотоупорные трубы.

*Железобетонные трубы безнапорные* изготавливают по ГОСТ 6482-88 диаметром 400...2400 мм, нормальной и повышенной прочности; бетонные безнапорные гладкие трубы изготавливают диаметром 100...1000 мм по ГОСТ 20054-82. Эти трубы также применяются для строительства канализационных сетей населенных мест и промышленных предприятий. В первую очередь их используют при прокладке дождевой канализации. Эти трубы также применяются для устройства бытовой канализации, причем их поверхность покрывается противокоррозионными защитными мастиками.

*Асбестоцементные трубы* для безнапорных трубопроводов изготавливаются по ГОСТ 1839-80 диаметром 100...400 мм с гладкими концами, длиной 3 и 4 м. В последние годы они нашли широкое применение при строительстве канализационных сетей. Канализационные трубы соединяют при помощи раструбов, фальцев с накладным поясом и муфт. Стыки *труб* (или места их соединений) должны быть прочными, водонепроницаемыми, эластичными и устойчивыми против коррозии и температурных влияний.

*Сооружения на канализационных сетях.* К канализационным сетевым сооружениям относятся колодцы различного назначения, дождеприемники, ливнеспуски (на сетях общесплавной системы), разделительные камеры, регулирующие резервуары, дюкеры, переходы (под железными и шоссейными дорогами, водными протоками и оврагами, под мостами и пешеходными мостиками), выпуски, вентиляционные устройства.

*Колодцы.* На канализационных сетях для наблюдения за работой сети, а также для прочистки, промывки трубопроводов и ликвидации возможных засорений устанавливают колодцы. Они бывают линейными, поворотными, узловыми и перепадными. Колодцы устанавливают на поворотах трассы, местах изменения диаметра и уклона труб, в месте присоединения притоков и при необходимости устройства перепадов. При трассировке сети необходимо учитывать, что соединение труб в колодце при повороте и боковом присоединении должно быть по направлению основного потока, а угол между притоком и основной магистралью был не больше 90°.

Линейные колодцы устраивают на прямых участках сети, на следующих расстояниях один от другого, назначаемых в зависимости от диаметра труб (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Допустимые расстояния между линейными (смотровыми) колодцами	
Диаметры труб, мм	Допустимые расстояния между колодцами, м, не более
150	35
200... 450	50
500... 600	75
700... 900	100
1000... 1400	150
1500...2000	200
>2000	250...300

По форме в плане колодцы бывают круглыми и прямоугольными. *Круглые смотровые колодцы* (рис. 3.5), устанавливаемые на трубопроводах диаметром до 600 мм, имеют внутренний диаметр рабочей части 1 м. Обычно их устраивают из железобетонных стандартных элементов заводского изготовления или изготовленных на полигоне. По ГОСТ 8020-80 выпускают стандартные железобетонные кольца с внутренним диаметром 700, 1000, 1500 и 2000 мм (КЦ7, КЦ10, КЦ15, КЦ20) и с высотой колец 290, 590 и 890 мм.

Внутри канализационных колодцев жидкость течет по открытым лоткам полукруглого сечения. Канализационные колодцы в настоящее время монтируют из сборных железобетонных элементов. Основная часть колодца - рабочая камера выполняется из цилиндрических элементов диаметром 1 м, при глубине заложения труб до 3 м. При большей глубине размер рабочей камеры увеличивается до 1,5 м для труб диаметром 150... 600 мм.

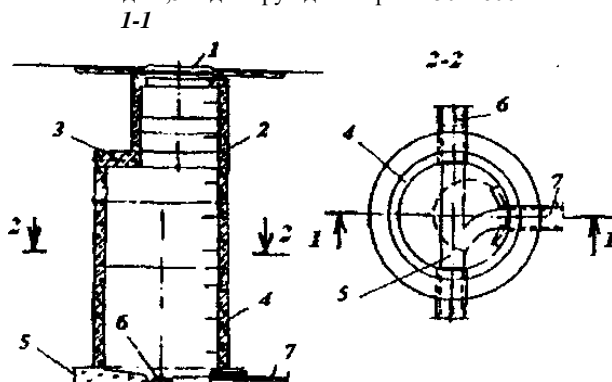


Рис. 3.5. Колодец из сборных железобетонных элементов:

- 1 - чугунный люк; 2 - горловина; 3 - плита перекрытия; 4 - объемный цилиндрический блок; 5 - монолитный бетонный лоток; 6 — коллектор;  
7 - боковое подключение

Высота рабочей части должна быть не менее 1,8 м. Колодцы имеют горловину диаметром 700 мм и закрываются чугунным люком. Прямоугольные колодцы, устанавливаемые на трубопроводах диаметром 700 мм и более, имеют следующие внутренние размеры (в плане): длину на 0,4 м и ширину на 0,5 м больше внутреннего диаметра трубы или ширины коллектора. Колодцы этого типа можно устанавливать и на трубопроводах меньшего диаметра. В таком случае их длину и ширину принимают равными 1 м.

*Перепадные колодцы* устраивают в местах присоединения к коллекторам притоков с меньшей глубиной заложения. Эти колодцы устраивают также и в тех случаях, когда коллекторы прокладывают по пересеченной местности с уклоном, превышающим максимально допустимый для труб данного диаметра. В первом случае перепад обычно выполняют в виде стояка из чугунных труб. Во втором случае при диаметре трубопровода до 500 мм (включительно) перепады могут проектироваться с наружным стояком из металлических труб или с внутренним вертикальным прямоугольным каналом. Перепады на трубопроводах диаметром 600 мм и более устраивают в виде водосливов практического профиля с водобоями, шахтных перепадов, быстротоков и обосновывают расчетами.

На тоннельных коллекторах глубокого заложения, построенных методом щитовой проходки, где глубина заложения сети обычно более 8 м и диаметры трубопроводов могут достигать 4,5 м, вместо колодцев делают *шахты*. В них могут устраиваться перепады, по которым транспортируются сточные воды от сетей мелкого заложения в глубоководный коллектор.

*Дюкеры*. Для транспортирования сточных вод через реки, овраги и при пересечении канализационной сети с подземными сооружениями служат специальные устройства-дюкеры. Дюкеры через реки устраивают не менее чем в две нитки. Схема такого дюкера приведена на рис. 3.6. Он состоит из входной камеры, линий дюкера (трубопроводов) и выходной камеры.

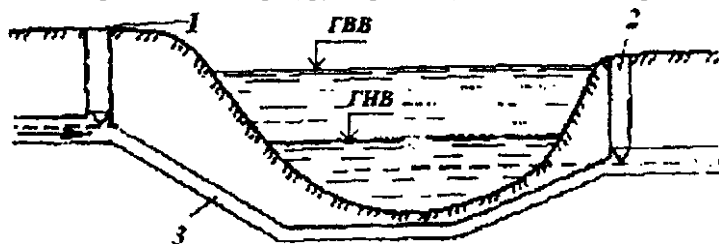


Рис. 3.6. Схема дюкера: 1- камера входная; 2- то же, выходная;  
3 - стальной трубопровод

Дюкеры работают полным сечением. Сточные воды в них движутся под давлением столба воды, обусловленным разностью уровней во входной и выходной камерах дюкера ( $H = Z_1 - Z_2$ ). Значение  $H$  должно соответствовать *потерям напора в дюкере*, которые определяются по формуле:

$$H = il + \Sigma \zeta \frac{v^2}{2g},$$

где  $i$  - потери напора в трубах дюкера на 1 м погонной длины;  $l$  - длина дюкера, м;  $\Sigma \zeta$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений;  $v$  - средняя скорость движения сточных вод в трубах дюкера, принимается не менее 1 м/с;  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Дюкеры обычно прокладывают из стальных труб, реже из чугунных раструбных. Камеры дюкера целесообразно устраивать из сборного железобетона.

*Переходы.* Под железными и шоссейными дорогами в зависимости от диаметра канализационного коллектора сооружают переходы из стальных, чугунных или железобетонных труб. Их конструктивное оформление не отличается от оформления переходов водопроводных линий.

*Выпуски.* Для спуска сточных вод в водоемы устраиваются выпуски. Они имеют разнообразные конструкции, могут быть сосредоточенными и рассеивающими. Рассеивающие выпуски (рассредоточенные) устраивают с целью более эффективного смещения 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.

Вентиляция бытовой канализационной сети осуществляется за счет неполного наполнения коллекторов сточной водой и устройством вентилируемых стояков в зданиях. При этом вытяжными устройствами внутридомовой канализации выносятся газы, выделяемые при микробном разложении сточных вод в трубах внутри зданий, наружных коллекторах и в местах возможного застоя сточных вод. Специальные вытяжные устройства предусматривают во входных камерах дюкеров, на перепадах. В отдельных случаях может устраиваться искусственная вытяжная вентиляция, когда естественная вентиляция не обеспечивает достаточного воздухообмена.

### 3.8. ДОЖДЕВАЯ КАНАЛИЗАЦИЯ (ВОДОСТОКИ)

Наружная дождевая канализация предназначена для организованного отвода выпавших на территории города или промышленного предприятия атмосферных осадков или талых вод. Если улицы и проезды покрыты усовершенствованной водонепроницаемой мостовой, необходим быстрый отвод этих вод, так как во время сильных ливней возможно затопление

улиц и подвалов зданий, расположенных в низких местах. Наружную дождевую (водосточную) сеть устраивают трех типов:

а) открытого типа - дождевые воды отводятся по открытым канавам или лоткам;

б) закрытого типа - дождевая вода поступает с поверхности земли в водоотводные лотки и через дождеприемники в сеть подземных трубопроводов, по которой они и сбрасываются по наикратчайшим расстояниям в ближайшие тальвеги или непосредственно в естественные водоемы;

в) смешанного типа - сочетание открытой и закрытой сети: отвод поверхностных вод по открытым лоткам до ближайшего дождеприемника, далее вода попадает в уложенный в земле закрытый трубопровод и по нему отводится самотеком к месту выпуска в водоем.

Дождевые стоки перекачиваются насосными установками лишь в очень редких случаях. Для отвода атмосферных вод с плоских кровель зданий, а также цехов промышленных предприятий устраивают внутренние водостоки, размещенные в пределах зданий. Из внутренней сети атмосферные осадки отводят в наружную дождевую канализацию.

Количество выпавших атмосферных осадков определяют самопишущими дождемерами. С помощью такого прибора продолжительность дождя может быть замерена с точностью до 2 мин. Для полной характеристики дождя надо знать его интенсивность, продолжительность и повторяемость.

Под *интенсивностью* дождя понимают количество осадков, выпавших в единицу времени. Различают интенсивность выпадения дождей по слою  $I$ , мм/мин, и объему  $q$ , л/с с 1 га, вычисляемые по формулам:

$$i = \frac{h}{t},$$
$$q = 166,7 i,$$

где  $h$  - высота слоя выпавшего осадка, мм;  $t$  - продолжительность выпадения осадков, мин.

*Продолжительность* дождя обычно фиксируется самопишущими приборами. Чаще всего за расчетную принимается интенсивность дождя продолжительностью двадцать минут по данным метеостанций данной местности или по справочным данным.

В практике проектирования дождевой канализации используются также понятия повторяемость дождя, период однократного превышения расчетной интенсивности или период однократного переполнения. *Повторяемость* дождя выражает период времени в годах, в течение которого дождь определенной продолжительности и интенсивности выпадает один раз. Период однократного переполнения сети  $P$  - это период в годах, в течение которого может выпасть один дождь, который вызовет переполнение дождевой сети на данном участке. Для разных участков территории

населенного пункта этот период может составить от 0,33 до 20 лет в зависимости от интенсивности дождя продолжительностью 20 мин.

Расчетный расход дождевых вод для различных участков определяется в зависимости от среднего значения коэффициента стока, расчетной площади стока, расчетной продолжительности дождя и других параметров.

Большая часть выпавших на поверхность земли дождевых капель стекает по склону местности в водосточную сеть, однако часть их просачивается в грунт, а часть испаряется. Коэффициент стока зависит не только от характера покрытия местности (растительный слой, булыжная или асфальтовая мостовая), грунтовых условий, уклона местности, но и от продолжительности выпадения дождя и его интенсивности. Для разных поверхностей коэффициент стока  $Z$  принимается равным:

- Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия	0,224
- Булыжные мостовые	0,145
- Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими материалами	0,123
- Гравийные садово-парковые дорожки	0,090
- Грунтовые поверхности (спланированные)	0,064
- Газоны	0,038

При составлении проекта водостоков приходится сталкиваться с различными видами поверхностей, с которых дождевая вода поступает в водосток. Для упрощения расчетов обычно находят средний коэффициент стока канализуемого объекта путем умножения площади каждого вида покрытия на соответствующий коэффициент покрова; сумма полученных произведений даст средний коэффициент стока.

Для определения размеров труб и водосточных каналов необходимо знать максимальный расчетный расход дождевой воды, поступающей в сеть. Этот расход зависит от принятой расчетной интенсивности дождя, его продолжительности, коэффициента стока и площади водосбора. Интенсивность выпадения дождя - величина переменная.

Расчетная продолжительность протекания дождевых вод, в минутах (мин), по поверхности и трубам определяется по формуле

$$t = t_{\text{конц}} + t_{\text{л}} + t_{\text{тр}}$$

где  $t_{\text{конц}}$  - продолжительность протекания воды до уличного лотка, а при наличии дождеприемников в пределах квартала до уличного коллектора, мин;  $t_{\text{л}}$  - продолжительность протекания по уличным лоткам до дождеприемника (при отсутствии их в пределах квартала), мин;  $t_{\text{тр}}$  - продолжительность протекания по трубам до расчетного сечения, мин.

Расчет сети можно производить после выполнения подготовительных работ: трассировки сети, установления расчетных участков, нахождения их площадей водосбора, определения коэффициента стока  $Z$ , выбора

расчетной формулы и др. Для населенных пунктов граница расчетных участков определяется осями улиц или расположением дождеприемников.

В зависимости от местных условий и экономических соображений назначают период однократного переполнения  $P$ , находят другие параметры и определяют соответствующие расходы воды. По расчетным расходам подбирают диаметр трубопровода по методике, применяемой при расчете бытовой сети. Однако следует иметь в виду, что для водосточной сети наполнение трубопровода при расчетном расходе по возможности должно приближаться к полному.

Трассировку дождевой сети в основном следует выполнять так же, как и бытовой канализации, учитывая, однако, специфические особенности ее работы. Начертание дождевой сети в плане обусловлено рельефом местности, размером территории, схемой планировки, насыщенностью территории, подземными путями и др. Трассу для водостоков следует выбирать по наикратчайшим расстояниям. С целью уменьшения размеров каналов подземная водосточная сеть должна иметь выпуски в ближайшие водоемы, тальвеги и овраги.

Как правило, главные коллекторы бассейна нужно трассировать по городским проездам, за исключением тех случаев, когда направление городских проездов не совпадает с тальвегом. Трасса водостока на проезде должна быть расположена прямолинейно, параллельно красным линиям, с минимальным числом пересечений с другими подземными сооружениями. При ширине проезда до 30 м водосток рекомендуется трассировать посередине или пониженному краю проезда. При ширине проезда более 30 м в зависимости от технической и экономической целесообразности коллекторы проектируют посередине проезда или по обеим сторонам проезда (дублирование).

Место расположения начальных точек закрытой дождевой сети следует определять расчетом, с учетом местных условий (см. раздел 1). При строительстве водостоков в настоящее время применяют пластмассовые, асбестоцементные и железобетонные трубы, в зависимости от необходимого диаметра. Для монтажа дождеприемников и колодцев применяются сборные железобетонные элементы.

Дождевые воды поступают в закрытую водосточную сеть через дождеприемники (рис. 3.7). Дождеприемник имеет лоток со съемной решеткой, перепадную часть, выложенную из бетонных колец, и днище. Из дождеприемника дождевая вода поступает в закрытый водосток по соединительной ветке диаметром не менее 200 мм, закладываемой в низовой части дождеприемника. Приемные решетки обычно делают прямоугольными или круглыми и устанавливают в проезжей части на 2 - 3 см ниже поверхности лотка, длинной стороной вдоль лотка.



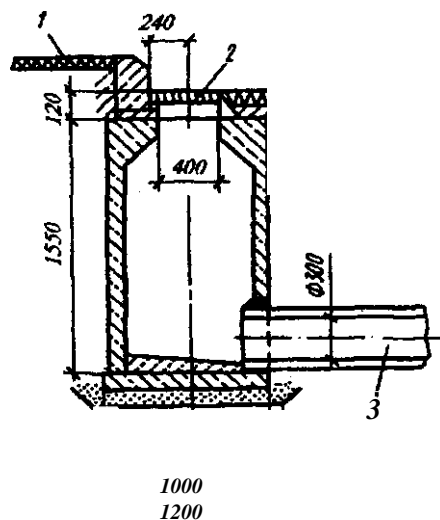


Рис.3.7. Железобетонный дождеприемник: 1 – тротуар, 2 – решетка, 3 – соединительный трубопровод

Глубина заложения основания дождеприемника должна быть, как правило, не менее 0,8 м. Расстояние между дождеприемниками зависит от уклонов улицы, высоты бордюрного камня, площади стока кварталов и характера застройки. Если в уличные лотки поступает вода с внутренней части квартала, расстояние между дождеприемниками определяют расчетом. Сброс дождевых вод в водоем осуществляют через выпуски.

### Контрольные вопросы

1. Системы и схемы канализации.
2. Канализационные сети и коллекторы.
3. Общая схема канализации населенного пункта.
4. Трассировка канализационных сетей.
5. Канализационные очистные сооружения города.
6. Размещение очистных сооружений в городах и сельских населенных пунктах и городах.
7. Канализационные насосные станции.
8. Сооружения в канализационных сетях.
9. Элементы дождевой канализации.

## 4. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

### 4.1. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

*Теплоснабжение* представляет собой 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.

Различают местное, локальное и централизованное теплоснабжение. Система местного теплоснабжения обслуживает одного потребителя, т.е. квартиру, частный дом или небольшое предприятие. Локальная - одно или несколько зданий смежно или недалеко расположенных и обслуживаются котельной установкой, расположенной в этом здании (в подвале, на верхнем этаже, «крышные» или пристроенном помещении). Системы централизованного теплоснабжения - жилой или промышленный район.

Централизованное теплоснабжение по сравнению с местным имеет целый ряд преимуществ:

- значительное снижение расхода топлива и эксплуатационных затрат за счет автоматизации котельных установок и повышения их КПД;
- уменьшение степени загрязнения воздушного бассейна и улучшение 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 связи с такими преимуществами в России наибольшее распространение нашла централизованная система теплоснабжения (ЦТ).

В то же время необходимо отметить, что в некоторых конкретных случаях местная и локальная системы могут оказаться более технологичными и экономичными. Например, в системах с использованием местных электронагревательных устройств (электрическое отопление, электрические водонагреватели, домовые котельные и т.д.). В этом случае отпадает необходимость в Прокладке теплотрасс и строительстве ряда устройств. Такие системы нашли широкое применение в Финляндии, Швеции и других странах с высоким уровнем выработки относительно дешевой электрической энергии.

Система ЦТ включает источник тепла, тепловую сеть, тепловые пункты и теплопотребляющие здания, сооружения и промышленные установки (рис. 4.1).

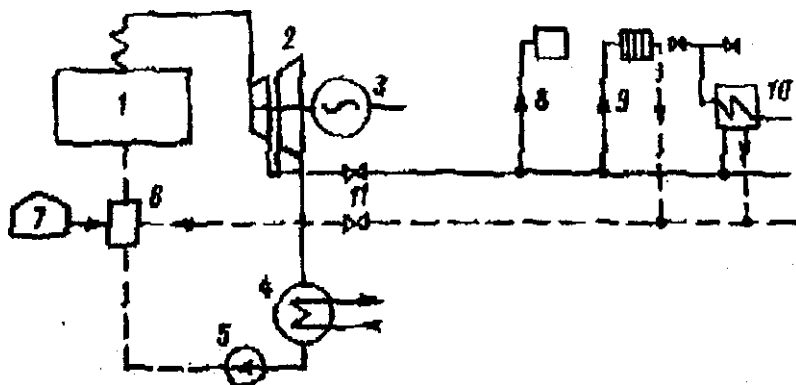


Рис. 4.1. Принципиальная схема централизованного теплоснабжения с теплоэлектроцентралью: 1 - котельная; 2 - турбина; 3 - электрогенератор; 4 - конденсатор; 5 - конденсатный насос; 6 - регенератор; 7 - химическая водоподготовка; 8 - 10 - потребители тепла; 11 - задвижки

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

В системах местного теплоснабжения источниками тепла служат печи, водогрейные котлы, тепловые насосы, преобразователи энергии и различные водонагреватели, использующие избыточное тепло промышленных предприятий, солнечную энергию и т. п.

Размещение источника тепла на территории города осуществляется с учетом ряда факторов:

- исключения заноса сернистых дымовых газов и летучей золы в жилые зоны города;
- расположения относительно центра тепловых нагрузок (это расстояние должно быть наименьшим); в этом случае радиус подачи тепла потребителям будет наикратчайшим;
- удобства доставки топлива; должны использоваться или существующие, или вновь построенные железнодорожные пути;
- возможности дальности действия систем теплоснабжения, при современных технических средствах удаление паровых систем от центров потребления паровых систем 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.

Обычно при выборе площадки источника теплоты сравнивают несколько вариантов. Окончательный выбор осуществляется с учетом экономических, экологических и санитарных условий.

*Теплоносителями* в системах ЦТ крупных городов обычно является перегретая вода с температурой до 150° С, а в крупнейших городах - пар с температурой до 440°С и давлением до 6,2 МПа. Вода обычно служит для обеспечения коммунально-бытовых, а пар - технологических нагрузок. Выбор температуры теплоносителя определяется экономическими расчетами и требованиями потребителей. С увеличением дальности транспортирования тепла рекомендуется повышать параметры теплоносителя.

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 систем и схем теплоснабжения.

В централизованных системах теплоснабжения на общую тепловую сеть могут работать несколько источников тепла, что повышает надежность работы системы (с точки зрения обеспечения потребителей теплом), ее маневренность и экономичность. Но в некоторой степени усложняет работу ее в гидравлическом плане - увеличивается вероятность возникновения гидравлических ударов при изменении направления движения потоков теплоносителя в трубопроводах. Поэтому на границах зон действия источников тепла устанавливаются запорные устройства с дистанционным управлением, позволяющим с диспетчерского пункта переключать тепловые сети, при необходимости, на другой источник.

## **4.2. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

По *способу присоединения* установок отопления различают зависимые и независимые системы. В *зависимых системах* теплоноситель поступает непосредственно из тепловой сети в отопительные установки потребителей. В *независимых* - в промежуточный теплообменник, установленный в тепловом пункте, где он нагревает вторичный теплоноситель, который циркулирует в местной установке потребителя.

В зависимости от способа присоединения установок горячего водоснабжения, системы теплоснабжения подразделяются на закрытые и открытые. В *закрытых системах* на горячее водоснабжение поступает вода из холодного водопровода, нагревая в теплообменниках, устанавливаемых

в тепловых пунктах, до требуемой температуры (обычно до 60...70 °С) водой из тепловой сети. В *открытых системах теплоснабжения* - горячая вода подается потребителю непосредственно из тепловой сети (непосредственный водоразбор) или через гидроэлеватор, с понижением температуры до требуемой за счет смешения горячей воды с охлажденной водой. В этом случае не всегда обеспечиваются качественные параметры воды, т.к. вода предварительно проходит через систему теплоснабжения зданий.

По числу *трубопроводов*, используемых для переноса теплоносителя, различают одно-, двух- и многотрубные системы теплоснабжения. *Однотрубные 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 подразделяются на *водяные* и *паровые*.

По способу *регулирования* отпуска тепла в системах теплоснабжения (суточное, сезонное) различают центральное качественное, местное количественное. *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. Иногда для обеспечения необходимых параметров приходится осуществлять прерывистую подачу пара, что приводит к появлению дополнительного шума, что мешает использовать пар в системах отопления.

Применение тех или других типов систем теплоснабжения обуславливается их особенностями и требованиями потребителей тепла.

В независимых системах теплоснабжения системы потребителей гидравлически изолированы от тепловой сети. Такие системы находят

применение преимущественно в крупнейших городах. Это связано с повышенными требованиями к надежности подобных систем, а также с тем, что давление в тепловой сети является слишком высоким для теплопотребляющих установок по условиям их прочности или, наоборот, с тем, что статические давления, создаваемые в теплопотребляющих установках (в высотных зданиях), неприемлемы для условий работы тепловой сети.

Закрытые системы являются более благоприятными с точки зрения удовлетворения качественных показателей воды. В них исключается коррозия внутренних поверхностей трубопроводов, вода нагревается только до температуры 55° С, требуемой для горячего водоснабжения, и до 95... 105° С — для отопления в наиболее холодные дни. В открытых системах 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 наибольшее распространение в России получили *двухтрубные системы*: они обеспечивают подачу и возврат теплоносителя к источнику тепла, а также достаточно выгодны в экономическом отношении. *Однотрубные и трехтрубные* тепловые сети применяются в некоторых зданиях и сооружениях только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

С точки зрения гигиенических требований и затрат на подготовку воды наиболее приемлемыми являются системы с водяным теплоносителем, т.к. в них плавно и централизованно можно регулировать параметры системы в зависимости от изменяющихся условий.

Выбор системы теплоснабжения осуществляется на основании технико-экономических расчетов, качества исходной воды, степени обеспеченности ею и требуемого потребителями качества воды, устанавливаемого нормами для различных потребителей, себестоимости подготовки воды для тепловой сети и других местных факторов.

### 4.3. ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ

Тепловые пункты (ТП) в системах теплоснабжения предназначены для выполнения следующих функций:

- постоянного контроля параметров теплоносителя: температуры и давления (***T*** и ***P***);
- приготовления 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,

- регулирования расхода теплоносителя и распределения его по системам потребления теплоты;

- учета тепловых потоков, расходов теплоносителя и конденсата;

- защиты местных систем от повышения давления и температуры теплоносителя;

- заполнения и подпитки систем потребления теплоты;

- сбора, охлаждения, возврата конденсата и контроля его качества;

- аккумулирования теплоты с целью выравнивания суточных колебаний расхода теплоносителя;

- водоподготовки для систем горячего водоснабжения.

Тепловые пункты в зависимости от назначения делятся на *индивидуальные тепловые* (ИТП), предназначенные для присоединения систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических теплоиспользующих установок для одного здания или его части и *центральные тепловые пункты* (ЦТП) - для двух и более зданий, при необходимости установки циркуляционных и повысительных насосов.

По размещению на генеральном плане ТП подразделяются на отдельно стоящие, пристроенные к зданиям и сооружениям и встроенные в здания и сооружения.

С целью обеспечения выполнения названных функций ТП оснащаются специальным оборудованием, арматурой, контрольно-измерительными приборами контроля, управления и автоматизации.

Перечисленные функции ТП могут выполняться в полной мере или частично в зависимости от его назначения и местных условий. Так, например, учет теплоты, расходуемой несколькими зданиями промышленного предприятия, может регистрироваться только в ЦТП и не иметь соответствующих устройств в ИТП. Если качество воды не изменяется и оно соответствует требованиям ГОСТа на питьевую воду, то водоподготовка может не предусматриваться; при равномерном потреблении теплоты могут отсутствовать баки-аккумуляторы и т. д.

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 устройства ЦТП обосновывается технико-экономическими расчетами.

В помещениях ТП разрешается размещать оборудование санитарно-технических систем зданий и сооружений, в том числе повысительные насосные установки, подающие воду на хозяйственно-питьевые и противопожарные цели.

#### 4.4. ТРАССИРОВКА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Для разработки трассировки тепловой сети города или его района необходимы следующие исходные данные:

- план города в масштабе от 1:2000 до 1:25000;
- сводная таблица часовых максимальных расходов тепла потребителями города *или* района с перспективой развития его на 15...20 лет;
- данные распределения тепла по отдельным видам потребителей теплоты: на бытовое горячее водоснабжение, отопление, технологическое горячее водоснабжение и другие нужды промышленных и коммунальных предприятий за каждую смену.

По своему назначению тепловые сети делятся на магистральные, распределительные и внутриквартальные.

*Магистральные тепловые сети* представляют собой участки, несущие основную тепловую нагрузку и соединяющие источники теплоты с крупными тепловыми потребителями. *Распределительные* или *межквартальные сети* транспортируют теплоту от тепловых магистральных сетей к объектам теплопотребления. Они отличаются от магистральных сетей, как правило, меньшим диаметром и длиной. *Внутриквартальные сети* отходят от распределительных или непосредственно от магистральных тепловых сетей и заканчиваются в ТП потребителей теплоты. Они несут только ту тепловую нагрузку, которую имеет этот потребитель теплоты. Нагрузка распределительных сетей отличается большей часовой и суточной неравномерностью потребления теплоты по сравнению с нагрузкой магистральных сетей.

Трассировку сетей города начинают с магистральных сетей; ее начертание оказывает существенное влияние на построение распределительных и внутриквартальных сетей, на их протяженность и надежность подачи теплоты потребителям. Для правильного выбора трассы тепловых сетей, дающего наилучшее решение с технической, экономической и экологической точек зрения, необходимо выполнение следующих условий:

- магистральные сети следует прокладывать вблизи центров тепловых нагрузок;
- трассы должны иметь кратчайшие расстояния;
- тепловые сети не следует прокладывать, в грунтах в затопляемых районах городов и промышленных предприятий;



- намеченные трассы не рекомендуется располагать на пятне намечаемой застройки, а также они не должны мешать работе транспортной системы города;

- трассировка систем теплоснабжения должна обеспечивать удобства при проведении ремонтных работ;

- выбранный вариант трассы тепловых сетей должен иметь наименьшую стоимость при строительстве и эксплуатации и обладать высокой надежностью;

- подземную прокладку тепловых сетей не следует намечать вдоль электрифицированных железнодорожных и трамвайных путей во избежание электрической коррозии металлических трубопроводов;

- в вечномёрзлых грунтах прокладка тепловых сетей должна быть только наземной; это правило необходимо соблюдать и при прокладке сетей в солончаковых фунтах, так как в весенне-осенний период во время намокания такого фунта усиливается его коррозионное действие.

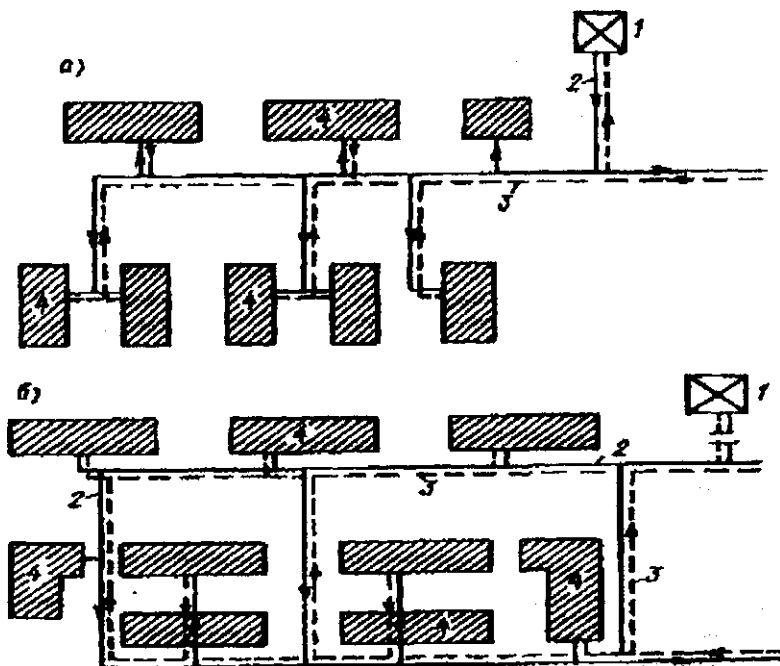


Рис. 4.2. Конфигурация тепловых магистральных сетей: а - тупиковая; б - кольцевая; 1 - источник теплоты; 2 - магистрали; 3 - тепловые сети распределительные, 4 - то же, внутриквартальные

Магистральные тепловые сети по конфигурации делятся на *тупиковые и кольцевые* (см. рис. 4.2). Общая протяженность магистралей тупиковых сетей значительно короче 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. Подача тепла потребителям в кольцевых сетях является более надежной, чем в тупиковых, при ремонте отдельных участков или авариях на них.

Тепловая энергия в жилых микрорайонах используется на отопление и горячее водоснабжение зданий и сооружений. Параметры теплоносителя регулируются в индивидуальных тепловых пунктах в зданиях этажностью до девяти этажей, а для зданий большей этажностью - в ЦТП.

#### 4.5. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Расчетный расход тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение жилых и некоторых общественных зданий при разработке генплана населенного пункта или микрорайона может быть определен по укрупненным показателям теплового потока /6, 8/.

Максимальный тепловой поток на отопление зданий  $Q_{o,max}$ , Вт, определяется по формуле

$$Q_{o,max} = q_o A,$$

где  $q_o$  - укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление зданий на 1 м<sup>2</sup> общей площади, Вт, принимается по /6, 8/ в зависимости от года постройки и этажности или по табл. 4.1;  $A$  - суммарная площадь помещений здания, м<sup>2</sup>, принимается как произведение площади этажа по наружным замерам на количество этажей.

Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{h,max} = 2,4 Q_{h,m},$$

где  $Q_{h,m}$  - средний тепловой поток на горячее водоснабжение в сутки, средний за неделю в отопительный период, в ваттах, определяемый по формуле

$$Q_{hm} = q_h m,$$

здесь  $q_h$  - укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение на одного человека, Вт /6,8/, можно принять по табл. 4.2;  $m$  - количество потребителей горячей воды, чел.

Для подбора труб теплопроводов вычисляется расход теплоносителя  $G$ , кг/ч, по формуле

$$G = 3,6 Q_d / C (\tau_1 - \tau_2),$$

где  $c$  - удельная теплоемкость воды, равная 4,187 кДж/(кг °С),

$\tau_1$  и  $\tau_2$  - температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, °С.

Таблица 4.1

Укрупненные показатели (рекомендуемые) максимального теплового потока на отопление зданий (для зданий постройки после 1985 года)

Этажность зданий	Укрупненный показатель максимального теплового потока, $q_o$ , Вт, при расчетной температуре наружного воздуха, °С										
	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55
1...2	145	152	159	166	173	177	180	187	194	200	208
3...4	74	80	86	91	97	101	103	109	116	123	130
5 и более	65	67	70	73	81	85	89	95	100	102	108

*Примечание. С учетом изменений к СНиП П-3-79\* 1995 и 1998 гг. по введению энергосберегающих технологий для новых зданий с 2000 г. показатели необходимо уменьшить в два раза*

В многоэтажные здания с открытой схемой подключения систем отопления и горячего водоснабжения тепловая энергия  $Q_d$  подается для отопления и горячего водоснабжения с температурой теплоносителя  $\tau_1$  до 150° С. При этом

$$Q_d = Q_{o.max} + Q_{h.max}.$$

Температура в обратном трубопроводе (охлажденного теплоносителя) в расчетах принимается 70° С.

К зданиям повышенной этажности от ЦТП подводятся четыре теплопровода: подающие, на отопление и горячее водоснабжение, охлажденного теплоносителя (обратный) и циркуляционный горячего водоснабжения, с температурой теплоносителей соответственно 105, 55, 70 и 45 °С.

Таблица 4.2

Укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение

Средняя за отопительный период норма расхода горячей воды, л/сут на чел.	Укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение, $q_h$ , Вт, в жилых домах		
	с горячим водоснабжением (с ЦГВ)	без ЦГВ (с учетом потребления в общественных зданиях)	с ЦГВ (с учетом потребления в общественных зданиях)
85	247	73	320
90	259	73	332
105	305	73	378
115	334	73	407

Подбор труб осуществляется для каждого здания по специальным таблицам для расчета теплопроводов /8/, по значениям  $G$  и допустимых удельных потерях давления  $R$ , Па/м.

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 ( $\Pi$ ), составленные из затрат на перекачивание теплоносителя ( $C_3$ ), затрат, связанных с потерями теплоты ( $C_{mn}$ ), и затрат на строительство ( $K_{mc}$ ) и эксплуатацию тепловой сети ( $C_{mc}$ ), будут минимальны, т.е.

$$\Pi = C_3 + C_{m.n.} + C_{m.c.} + EK_{m.c.},$$

где  $E$  - коэффициент окупаемости.

*Потери давления на трение* (Па) определяются по формуле

$$\Delta P_i = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2 \rho}{2},$$

где  $\lambda$  коэффициент трения, зависящий от режима движения жидкости коэффициента эквивалентной шероховатости трубопровода  $K$ ;

$l$  - длина участка тепловой сети, м;  $d$  - внутренний диаметр трубопровода, м;  $v$  - скорость движения теплоносителя, м/с;  $\rho$  - плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>.

*Потери давления на местное сопротивление* (Па) вычисляются из уравнения

$$\Delta P_M = \sum \zeta \frac{v^2 \rho}{2},$$

где  $\sum \zeta$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений участка.

*Суммарные потери давления на участке* определяются по нижеприведенной формуле:

$$\Delta P = \Delta P_i + \Delta P_M.$$

Принципы расчета гидравлического режима сетей, как при открытой, так и при закрытой системах, включая питание сетей от нескольких источников тепла, тупикового и кольцевого начертания, приведены в специальной литературе /10, 18/.

#### 4.6. УСТРОЙСТВО ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

*Трубы, их соединения и виды прокладки.* Для тепловых сетей наибольшее распространение получили стальные электросварные (ГОСТ 10704-76), стальные бесшовные трубы (ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75). Кроме названных металлических труб в последние годы находят применение неметаллические трубы. В экспериментальных целях для прокладки тепловых сетей используются асбестоцементные, железобетонные и с пластмассовым покрытием трубы. Пластмассовые трубы могут быть применены в системах теплоснабжения с температурой теплоносителя до 100° С. В системах с более высокой температурой применение пластмассовых труб требует специальных материалов. Тепловые сети из неметаллических труб значительно дешевле, но их надежность, по сравнению с металлическими, намного ниже.

Стальные трубы соединяются, как правило, сваркой. Этот вид соединения по прочностным свойствам не уступает прочности самих труб. Асбестоцементные трубы соединяются с помощью манжетных компенсаторов либо муфт с резиновыми уплотнительными кольцами, служащими одновременно и для компенсации температурных деформаций. Эти соединения менее надежны, чем сварные: при просадке грунта или нарушении соосности труб возможны нарушения стыков и утечка воды.

Трубопроводы тепловых сетей прокладываются параллельно рельефу местности с уклоном не менее 0,002. В нижних точках тепловых сетей предусматриваются специальные камеры с устройством выпусков для слива воды, в верхних точках - воздушных кранов для выпуска воздуха при заполнении сети и впуска - при опорожнении.

Прокладка тепловых сетей может осуществляться в *проходных, подпроходных и непроходных каналах*, а также быть *надземной*. Первый вид прокладки широкого использования не нашел, хотя применение его целесообразно в крупных городах. В таких каналах (коллекторах) прокладываются большая часть инженерных подземных городских сетей: теплопроводы, водопроводы, силовые и осветительные кабели, кабели связи и др.

Размеры проходных каналов выбираются таким образом, чтобы они обеспечивали свободное обслуживание всех трубопроводов и оборудования (задвижки, сальниковые компенсаторы, дренажные устройства, КИП, вантузы и т.п.). Такие каналы оборудуются вентиляцией с целью поддержания температуры воздуха не выше 30°С, электрическим освещением (напряжение до 30 В) и устройствами для быстрого отвода воды из каналов. Проходные каналы рекомендуется устраивать под основными городскими магистралями с усовершенствованными дорожными покрытиями. Ширина прохода в свету в тоннелях должна приниматься равной диаметру наибольшей трубы плюс 100 мм, но не менее 1000 мм. Проходные каналы

требуют значительных капитальных затрат, но с точки зрения эксплуатации они являются наиболее приемлемыми.

В случаях, когда количество прокладываемых трубопроводов невелико, но доступ к инженерным сетям необходим, устраиваются полупроходные каналы. Размеры этих каналов выбирают таким образом, чтобы была возможность прохода человека в полусогнутом состоянии. С учетом этого обстоятельства высота каналов должна быть не менее 1400 мм.

Прокладка теплопроводов в настоящее время преимущественно осуществляется в непроходных каналах, непосредственно в грунтах (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. В том случае, если по каким-либо причинам монтаж железобетонных каналов невозможен, выкладывают кирпичные каналы.

Надземная прокладка может осуществляться на низких (высотой 0,5...2,0 м) и высоких опорах (высотой 2...3 м). Этот вид прокладки применяется на резервных территориях населенных пунктов, производственных предприятиях, в районах вечной мерзлоты, а также и в других случаях при достаточном обосновании.

При бесканальной прокладке (рис. 4.3) трубопроводы со специальной жесткой тепловой изоляцией укладываются непосредственно в грунт на специальную подготовку. На строительную площадку трубопроводы поступают уже с тепловой изоляцией, а на месте монтажа выполняется изоляция только стыков. Если на трассе тепловых сетей имеются грунтовые воды с высоким уровнем воды, то предусматривается *водопонижение* (дренаж). С этой целью параллельно теплопроводам прокладываются дренажные трубопроводы, которые и удаляют грунтовые воды. Уклон труб попутного дренажа должен быть не менее 0,003, причем он может не совпадать с уклоном тепловых сетей.

В последние годы нашла применение бесканальная прокладка теплопроводов в *засыпных порошках*. Изоляция трубопроводов с помощью засыпных гидрофобных порошков получила широкое распространение за рубежом. Одной из конструкций такого типа, разработанной Всесоюзным теплотехническим институтом, является прокладка теплопроводов в засыпных самоспекающихся асфальтитах. Основным компонентом для изготовления самоспекающегося порошка служит природный битум-асфальтит или искусственный битум-продукт нефтеперерабатывающих заводов. Процесс производства работ по прокладке таких трубопроводов состоит из двух основных операций. В начале производят засыпку труб в траншею порошкообразным асфальтоизолом. Затем, трубы нагревают до температуры плавления асфальтоизола (140... 150 °С) и поддерживают эту температуру в течение 30...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 спекшийся слой, который имеет пористую структуру и является основным теплоизоляционным слоем. Наружный третий, порошкообразный, не спекшийся слой асфальтоизола служит дополнительной тепло- и гидроизоляцией.

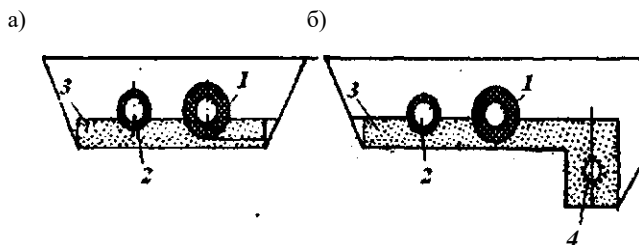


Рис. 4.3. Бесканальная прокладка тепловых сетей: а - в грунтах сухих; б - то же, в мокрых; 1 - трубопровод подающий; 2 - то же, обратный; 3 - песчаная подготовка; 4 - трубопровод дренажный

Бесканальная прокладка тепловых сетей может быть выполнена также из литых конструкций. В качестве материала для сооружения таких тепловых сетей используется пенобетон или перлитобетон. Смонтированные в траншею стальные трубопроводы заливают жидкой композицией изолирующего материала, приготовленной непосредственно на трассе или доставленной в контейнере с производственной базы. После схватывания композиции траншея засыпается грунтом.

Прокладка сетей в каналах обходится дороже, чем бесканальная. Однако к достоинствам прокладки в каналах следует отнести меньшие потери тепла в окружающую среду, большую долговечность и удобство эксплуатации при вскрытии каналов во время ремонта тепловых сетей. Их недостатком является возможность заиливания каналов при попадании в них талых и дождевых вод.

Для отключения отдельных участков сети при проведении ремонтных работ предусматривается установка задвижек через 1000 м. Кроме того, задвижки необходимо устанавливать на всех ответвлениях от магистрали.

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.

Вид материалов и изделий для основного теплоизоляционного слоя, применяемых для изоляции трубопроводов тепловых сетей; битумоперлит, битумокерамзит, битумовермикулит, пенополиуретан, пенополимербетон, фенольный поропласт, армопенобетон, маты и плиты минераловатные и другие.

С целью предохранения теплоизоляционных конструкций теплопроводов от внешних воздействий рекомендуется применять различные защитные покрытия. При подземной бесканальной прокладке можно применять полимерную оболочку из полиэтилена высокого давления, делать гидроизоляцию на изоляной массе или же из асбестоцементной штукатурки по металлической сетке и др. Теплопроводы, уложенные в непроходных каналах и тоннелях, защищаются рулонным стеклопластиком, армопластмассовыми материалами, стеклотекстолитом, фольгорубероидом, фольгоизолом, рубероидом, покрытым стеклотканью, алюминиевой фольгой, асбестоцементной штукатуркой по металлической сетке и пр.

Особенно тщательно следует изолировать теплоизоляционные конструкции теплопроводов при их наземной прокладке. В этом случае применяются алюминиевые или из его сплавов листы, тонколистовая сталь, сталь листовая углеродистая общего назначения, стеклопластик рулонный, армопластмассовые материалы и др. При небольших объемах работ можно использовать асбестоцементную штукатурку по металлической сетке.

В случае применения в тоннелях защитного покрытия из труднорючих материалов требуется устройство поясов из негорючего материала длиной не менее 5 м.

При подземной прокладке для размещения теплопроводов, компенсаторов, воздушников, выпусков, дренажей и других видов арматуры и КИП, а также их обслуживания устраиваются надземные павильоны или подземные камеры.

*Камеры тепловых сетей* могут быть сборными железобетонными, монолитными и кирпичными. Высота камер должна быть не менее 2 м. Число люков при площади камеры до 6 м<sup>2</sup> принимается не менее двух, а при площади более 6 м<sup>2</sup> - четырех. В камерах предусматриваются водосборные приемки размером не менее 400 на 400 мм и глубиной 300 мм. Размеры камер зависят от диаметров трубопроводов, оборудования, которое в них устанавливается, от условий монтажа оборудования и требований к обслуживанию.

**Опоры трубопроводов.** Опоры подразделяют на подвижные и неподвижные. *Подвижные* предназначены для восприятия массы теплопровода и обеспечения свободного перемещения в горизонтальном направлении.



По конструктивному устройству различают опоры скольжения, качения, также подвесные (рис. 4.4). Скользящие опоры применяют при всех способах прокладки теплопроводов. С увеличением диаметров труб нагрузки на опоры и силы трения возрастают и находят применение катковые и

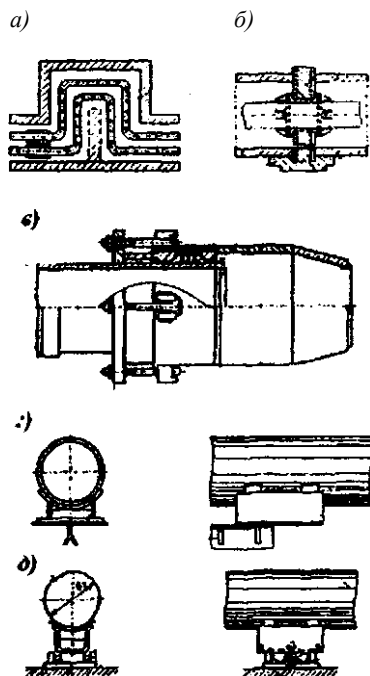


Рис. 4.4. Конструктивные элементы тепловых сетей: а - размещение компенсатора в нише; б - неподвижная щитовая опора; в - сальниковый компенсатор; г - скользящая опора; д - катковая опора

роликовые опоры, которые хорошо работают на прямолинейных участках сети, но не рекомендуются к применению на криволинейных участках. Подвесные опоры используют для труб небольшого диаметра, достоинством их является возможность применения на участках с поворотами, так как подвеска позволяет трубам свободно поворачиваться. Расстояние между подвижными опорами выбирается в зависимости от диаметра труб.

**Неподвижные опоры** (рис. 4.4, в) предназначены для фиксации в определенной позиции элементов теплопровода, не допускающих смещения - в камерах у ответвлений, в точках расположения запорной арматуры, у сальниковых компенсаторов. Эти опоры разделяют теплопровод на участки, не-

зависимые друг от друга в восприятии усилий от температурных деформаций, и поэтому их устанавливают на середине участка между компенсаторами. Наиболее распространены щитовые опоры, устанавливаемые в стенках канала, передача осевого усилия производится кольцевыми стенками с косынками. Для защиты бетонного щита от перегрева в кольцевой зазор между ним и теплопроводом вставляется прокладка из асбеста.

**Компенсаторы.** При протекании горячего теплоносителя по трубопроводам имеет место температурное удлинение участков, жестко заземленных неподвижными опорами. При отсутствии устройств, компенсирующих это удлинение, возникают значительные напряжения продольного изгиба, способные разрушить конструкцию. Для компенсации удлинений по трассе устанавливаются компенсаторы, которые по принципу действия можно разделить на две группы: 1) гибкие радиальные, 2) осевые, в которых удлинения воспринимаются телескопическим перемещением труб.

К гибким компенсаторам относятся изогнутые под углом участки труб. При такой естественной компенсации необходимо обеспечить в каналах просвет, достаточный для свободного перемещения плеч труб. С этой же целью в бесканальных прокладках места поворотов заключаются в непроходные каналы. Искусственные компенсаторы используют только после исчерпания всех возможностей естественной компенсации. Наиболее распространены гибкие компенсаторы П-образного типа (рис. 4.4, а). Достоинством гибких компенсаторов является то, что они не нуждаются в обслуживании и поэтому для них не требуется сооружения камер. Недостатками их является повышенное гидравлическое сопротивление, повышенный расход труб и необходимость устройства ниш, что связано с увеличением строительных работ.

Осевая компенсация имеет место в сальниковых компенсаторах (рис. 4.4, б). При удлинении трубопровода внутренний стакан вдвигается в полость наружной обоймы. Герметичность обеспечивается сальниковой набивкой из асбестового шнура, пропитанного графитом в кольцевом зазоре между стаканом и обоймой.

Сальники требуют постоянного надзора за состоянием набивки, которая со временем теряет упругость, поэтому в местах их установки необходимо сооружать камеры. Для сокращения числа дорогих камер применяют сальниковые компенсаторы двустороннего действия, обладающие двукратной компенсирующей способностью. Ввиду того, что сальниковые компенсаторы чувствительны к перекосам труб, а они наибольшие в трубах малого диаметра (до 150 мм), их рекомендуется применять в трубах большого диаметра (более 200 мм). Выбор компенсаторов всех типов производится по величине линейного удлинения труб  $\Delta L$ , мм, рассчитываемого по формуле:

$$\Delta L = \alpha L (t - t_0),$$

где  $L$  - длина трубы, м;  $t, t_0$  - температуры теплоносителя и окружающей среды,  $\alpha$  - коэффициент линейного расширения стали, в среднем равный 0,012 мм/(м • К).

Камеры устраивают по трассе для размещения отключающей арматуры, неподвижных опор, сальниковых компенсаторов, дренажных устройств. Их устанавливают, как правило, в местах подключения ответвлений к потребителям. Спуск в камеры через люки по лестницам. Конструкция люков должна обеспечивать свободный выход при всех ситуациях и выем оборудования из камер. Высота камер не менее 2 м, дно делается с уклоном 0,02 к водосборному приемку. Количество люков должно быть не менее двух независимо от размеров камеры.

### Контрольные вопросы

1. Системы теплоснабжения.
2. Источники теплоснабжения.
3. Схемы централизованного теплоснабжения.
4. Элементы тепловых сетей.
5. Способы прокладки тепловых сетей.
6. Определение тепловых нагрузок.

## 5. ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

### 5.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРЮЧИХ ГАЗАХ

Природные газы, добываемые из недр земли, представляют собой смесь, состоящую из горючих газов, балластных газов и примесей. Горючие газы состоят из метана ( $\text{CH}_4$ ), предельных углеводородов ( $\text{C}_n \text{H}_{2n}$ ) и непредельных углеводородов ( $\text{C}_n \text{H}_{2n+2}$ ). В сумме предельные и непредельные углеводороды называются тяжелыми углеводородами (ТУ). Водород ( $\text{H}_2$ ) и оксид углерода ( $\text{CO}$ ) в природных газах отсутствуют.

Балластные газы состоят из азота -  $\text{N}_2$ , углекислого газа -  $\text{CO}_2$  и кислорода -  $\text{O}_2$ .

Рассмотрим свойства горючих газов.

Метан ( $\text{CH}_4$ ) - горючий газ без цвета, запаха и вкуса. Не токсичен, но при большой концентрации в воздухе вызывает удушье. Низшая теплота сгорания  $Q = 35840$ , кДж/м<sup>3</sup>, плотность  $\rho = 0,717$  кг/м<sup>3</sup>, молекулярная масса  $\mu = 16$  кг/кг - моль.

К тяжелым углеводородным газам, имеющим формулу ( $\text{C}_n \text{H}_{2n+2}$ ) относятся: этан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), бутан ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ). Все эти газы, как и метан, не имеют цвета, запаха и вкуса, не токсичны. Физические свойства зависят от величины молекулярной массы  $\mu$ .

Чем больше  $\mu$ , тем выше плотность тяжелых углеводородов, тем больше теплотворная способность ( $Q$ ), тем больше требуется воздуха для сжигания 1 м<sup>3</sup> тяжелых углеводородов.

К непредельным тяжелым углеводородным газам относятся: этилен, пропилен, бутилен. Их свойства также изменяются с увеличением  $n$ , как и у тяжелых углеводородов.

Балластные газы. Азот (N<sub>2</sub>) - инертный газ, без цвета, запаха и вкуса. На долю азота в воздухе приходится 79 %. Диоксид углерода (CO<sub>2</sub>) является инертным газом со слегка кисловатым запахом и вкусом. Кислород (O<sub>2</sub>) - входит в состав атмосферного воздуха в виде второй составляющей в количестве 21%. Во всех процессах горения кислород играет роль окислителя. Содержание кислорода в природном газе не допускается более 1%, исходя из соображений взрывобезопасности и защиты газового оборудования от коррозии.

В виде примесей природный газ в основном содержит водяные пары, сероводород и пыль. Концентрация водяных паров в природном газе, подаваемом бытовым и промышленным потребителям, не должна превышать 500 - 1000 г на 100 м<sup>3</sup> природного газа.

Сероводород - бесцветный газ, имеющий запах испорченных яиц, является ядом и оказывает раздражающее действие на дыхательные пути и глаза. Предельно допустимая концентрация H<sub>2</sub>S в воздухе помещений - 0,1 мг/л. H<sub>2</sub>S - коррозионно-агрессивный газ. Содержание H<sub>2</sub>S в природном газе после очистки на газовых промыслах не должно превышать 2 г на 100 м<sup>3</sup> природного газа.

Содержание пыли не должно превышать 0,1 г на 100 м<sup>3</sup> природного газа.

Наибольшую ценность для газоснабжения населенных пунктов представляют природные газы, состоящие главным образом из углеводородов метанового ряда, имеющие теплоту сгорания 32...36 МДж/м<sup>3</sup>, плотность 0,73...0,75 кг/м<sup>3</sup> и содержащие метан 75...98 % (по объему).

Попутные газы нефтяных месторождений более разнородны по составу и имеют большую теплоту сгорания и плотность.

Искусственные горючие газы делятся на две группы. К первой группе относятся коксохимические, коксогозовые и другие газы с теплотой сгорания 16 ...8 МДж/м<sup>3</sup>, плотность 0,45...0,5 кг/м<sup>3</sup>. Ко второй группе относятся генераторные и доменные газы, имеющие теплоту сгорания не менее 5,5 МДж/м<sup>3</sup> и плотность около 1 кг/м<sup>3</sup>.

## 5.2. СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Обеспечение горючим газом населенных пунктов осуществляется с целью снабжения населения, промышленных и коммунальных предприятий. Можно выделить следующие системы газоснабжения: местную, локальную и централизованную.

Местная система обеспечивает одного потребителя из баллона. Для регулирования давления газа перед газовым прибором устанавливается редуктор. Газовые баллон и прибор устанавливаются в одном или смежных помещениях. Таким образом обеспечиваются газом негазофицированные здания.

Локальная система обеспечивает газом несколько потребителей или зданий. Система состоит из специальных газовых резервуаров - газгольдеров, закопанных в землю, или группы баллонов, устанавливаемых в специальном помещении или шкафу за пределами здания, газорегуляторов, газонаполнительных устройств, газонаружного и внутреннего газопроводов и газовых приборов, установленных у потребителей. Устраивается в населенных пунктах с привозным газом. В этих системах используется искусственный газ.

Централизованная система газоснабжения обеспечивает все виды потребителей природным (преимущественно) газом по системе трубопроводов. Она включает в себя газораспределительную станцию (ГРС), хранилища газа (газгольдеры или подземные шахты, пустоты и т.п.), газопроводы различного давления, газорегуляторные узлы и пункты (ГРУ и ГРП), газопроводы и приборы потребителей.

От газораспределительной станции природный газ подается в город (рис. 5.1). В городах распределительные газопроводы делятся на:

а) газопроводы низкого давления, с избыточным давлением  $p_{изб.}$  до 3000 Па;

б) газопроводы среднего давления,  $3000 \text{ Па} < p_{изб.} < 0,3 \text{ МПа}$ ;

в) газопроводы высокого давления II категории,  $0,3 < p_{изб.} < 0,6 \text{ МПа}$ ;

г) газопроводы высокого давления I категории,  $0,6 < p_{изб.} < 1,2 \text{ МПа}$ .

Газопроводы низкого давления используются для газоснабжения жилых домов, общественных зданий и мелких коммунально-бытовых предприятий.

Газопроводы среднего и высокого давления II категории служат для питания: ГРП, средних промышленных предприятий, коммунально-бытовых предприятий (бани, механические прачечные, хлебозаводы, крупные столовые и рестораны). Газопроводы высокого давления снабжают газом в основном ТЭЦ, ГРЭС, крупные промышленные предприятия.

Схемы газоснабжения городов и рабочих поселков разделяются на одно-, двух- и трехступенчатые. Для крупных городов применяются многоступенчатые схемы, одна из которых показана на рис. 5.1.

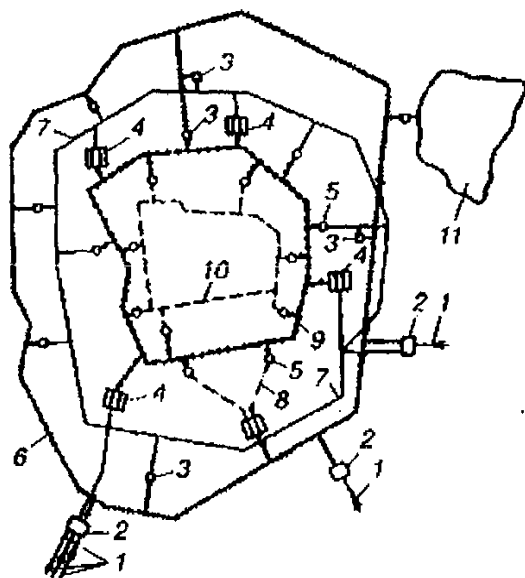


Рис. 5.1. Принципиальная схема газоснабжения большого города:  
 1 - магистральные газопроводы; 2 - газораспределительные станции (ГРС);  
 3 - контрольно-регуляторные пункты (КРП); 4 - газопроводы низкого давления; 5 - газорегуляторные пункты (ГРП); 6 - кольцо газопроводов высокого давления, 2 МПа; 7 - кольцо газопроводов высокого давления, 1,2 МПа; 8 - газопроводы высокого давления, 0,6 МПа; 9 - кольцо газопроводов среднего давления, 0,3 МПа; 10 - перемычка;  
 11 - подземное хранилище газа

Выбор схемы газоснабжения определяется различными факторами, важнейшими из которых являются, размер города, плотность застройки города и концентрация промышленности в нем, перспектива газификации города. В небольших городах или населенных пунктах с малым расходом газа осуществляется, как правило, одноступенчатая система низкого давления. В средних городах применяются главным образом двухступенчатые системы, а в крупных городах (с населением примерно более 1 млн. чел. жилыми массивами со зданиями от 5 до 12 этажей и большой концентрацией промышленности) применяют многоступенчатые системы.

Из магистрального газопровода газ поступает в газораспределительную станцию, где давление снижается до 2 МПа (при наличии многоступенчатой схемы) и затем газ поступает в сеть высокого давления, которая

в виде кольца окружает город. К этому кольцу через контрольно-регуляторный пункт присоединяется подземное газовое хранилище. Это хранилище и газораспределительная станция относятся к системе магистральных газопроводов. Городское газовое хозяйство начинается с кольца высокого давления 1,2 МПа, которое питается от нескольких контрольно-регуляторных пунктов. Затем через газорегуляторные пункты последовательно поступает в газопроводы с более низким давлением и, наконец, от сети низкого давления поступает в жилые дома, общественные здания и коммунально-бытовые предприятия.

В системе газоснабжения города особое место занимают газорегуляторные установки и пункты. В принципе все указанные регулирующие установки построены по единому принципу. Газ среднего или высокого давления поступает в газорегуляторные пункты и последовательно проходит по основной линии диафрагму (для учета потребляемого газа), задвижку, фильтр, предохранительно-запорный клапан, регулятор давления, задвижку и затем выходит в газовую сеть низкого давления. Предохранительно-запорный клапан и регулятор давления соединены с газопроводом низкого давления импульсными линиями. На выходе в сеть низкого давления устанавливается предохранительно-сбросной клапан. Оборудование газораспределительного пункта располагается в отдельно стоящем здании, выполненном из кирпича.

Газораспределительные станции устанавливаются на конечном пункте магистрального газопровода на входе в город. После газораспределительной станции давление газа может снижаться до величины, необходимой городу.

### **5.3. УСТРОЙСТВО НАРУЖНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

Как правило, на территории городов и населенных пунктов газопроводы прокладываются в земле. Исключение составляют территории промышленных предприятий, где их можно прокладывать по эстакадам и различным переходам сверху проезжей части заводской автотрассы. Надземную прокладку газопроводов производят по наружным несгораемым стенам жилых и общественных зданий. По стенам жилых и общественных зданий допустима прокладка газопроводов с давлением не более 0,3 МПа.

Газопроводы высокого давления можно прокладывать только по сплошным стенам или над окнами верхних этажей производственных зданий. При пересечении надземных газопроводов с воздушными линиями электропередачи они должны проходить ниже линий электропередачи.

Возможна прокладка газопроводов на эстакадах совместно с линиями водопроводов, паропроводов, но при условии обеспечения свободного осмотра и ремонта каждого из названных выше коммуникаций. Расстояния между газопроводом и другими коммуникациями при их совместной про-

кладке принимают в свету от 100 до 300 мм в зависимости от диаметра. Совместная прокладка газопроводов с электролиниями недопустима, кроме электролиний, проложенных в стальных трубах и бронированных кабелей.

Надземные газопроводы прокладываются с учетом компенсации температурных удлинений, которые зависят от расчетной температуры воздуха. Наиболее просто устранять продольные деформации за счет изгибов газопроводов или П-образной прокладки.

Переход газопроводов через реки, каналы, мелкие озера осуществляют подводным способом с помощью дюкеров. Возможна в этом случае прокладка по мостам или эстакадам. При прокладке дюкерами газопровод обязательно выполняется в две линии, каждая из которых должна иметь 75 % расчетного расхода газа. Для тупиковых газопроводов, питающих только промышленные предприятия, дюкер можно прокладывать в одну линию, но лишь в том случае, если эти предприятия имеют резервное топливо (мазут). Подводные переходы погружаются в грунт примерно на 1 м и выполняются с весьма усиленной изоляцией. Чтобы газопровод, проложенный по дну реки, не всплывал, на него по всей длине укладывают железобетонные плиты.

При прокладке наружных газопроводов имеются ограничения. Газопроводы низкого, среднего и высокого давлений нельзя прокладывать по железнодорожным мостам. Однако в ряде случаев газопроводы можно прокладывать по мостам, но при этом их обязательно следует подвешивать с помощью специальных устройств, но так, чтобы была исключена возможность скопления газа в конструкциях моста. Нельзя прокладывать газопроводы под железнодорожными и трамвайными путями, а также автодорогами без футляров.

Газопроводы прокладываются главным образом по городским проездам, а также в зоне зеленых насаждений. Расстояния по горизонтали между подземными газопроводами и другими сооружениями должны соблюдаться в соответствии с нормами /19, 20/ и зависят от вида коммуникации и давления в газопроводе.

При пересечении газопровода с трамвайными путями или при вынужденной прокладке газопровода поперек какого-либо канала применяются футляры из стальных труб, на концах которых устанавливаются контрольные трубки.

Газопроводы выполняют из стальных труб, соединяя их электросваркой. В местах установки газовых приборов, арматуры и другого оборудования применяют фланцевые и резьбовые соединения. Для защиты стальных труб от коррозии перед укладкой в землю их изолируют. Пластмассовые трубы допускаются применять только при подземной прокладке и внутри зданий при подводке к приборам.



Глубина заложения газопроводов зависит от состава транспортируемого газа. При влажном газе глубину заложения труб принимают ниже средней глубины промерзания грунта для данной местности. Газопроводы осушенного газа можно укладывать в зоне промерзания грунта, но заглубление должно быть не менее 0,8 м от поверхности земли, а с учетом уменьшения температурного воздействия глубину заложения газопроводов можно принимать не менее 1,5 м. Газопроводы прокладывают с уклоном не менее 1,5 ‰, что обеспечивает отвод конденсата из газа в конденсатосборники и предотвращает образование водяных пробок.

Для выключения отдельных участков газопровода или отключения потребителей устанавливается запорная арматура, размещаемая в колодцах. При изменениях температурных условий на газопроводе появляются растягивающие усилия, которые могут разорвать сварной стык или задвижку. Чтобы избежать этого, на газовых сетях и, в особенности у задвижек, устанавливают линзовые компенсаторы, воспринимающие эти усилия. Кроме восприятия температурных деформаций, компенсаторы позволяют легко демонтировать и заменять задвижки и прокладки, так как компенсатор при помощи особых приспособлений можно сжать или растянуть. Линзовые компенсаторы устанавливают в одном колодце с задвижками, причем, располагают их после задвижек, считая по ходу газа.

Газопроводы низкого давления (до 5000 Па) можно прокладывать в подземных коллекторах совместно с другими коммуникациями. Их можно прокладывать также в полупроходных каналах между жилыми и общественными зданиями (в «сцепках» для совместной прокладки инженерных сетей). Проходные и полупроходные каналы должны быть оборудованы постоянно действующей естественной вентиляцией. Прокладка газопроводов в непроходных каналах совместно с другими трубопроводами и кабелями недопустима.

При прокладке нескольких газопроводов в одной траншее расстояние между ними в свете должно быть не менее 0,4 м при диаметре труб до 300 мм и не менее 0,5 м при диаметрах более 300 мм.

Глубина заложения газопровода на проездах с усовершенствованным покрытием (асфальтобетонным, бетонным) должна быть не менее 0,8 м, а на участках без усовершенствованных покрытий - не менее 0,9 м до верха трубы. В местах, где нет движения транспорта, глубина заложения труб может быть уменьшена до 0,7 м.

Отключающие устройства на газопроводах устанавливают в следующих случаях. На распределительных газопроводах низкого давления для отключения отдельных микрорайонов. На ответвлениях от распределительных газопроводов всех давлений предприятиям и группам жилых и общественных зданий. Отключающие устройства на ответвлениях от распределительных газопроводов устанавливают вне территории объекта

ближе к распределительному газопроводу и не ближе двух метров от стены здания или ограждения, и шести метров - при наличии подвала или других подземных сооружений, где может накапливаться газ. Отключающие устройства устанавливают в удобном и доступном для обслуживания месте, например, они монтируются на вводах и выводах газопровода из газорегуляторных пунктов не ближе 5 м, но не далее 100 м.

Для газорегуляторных пунктов, размещаемых в пристройках к зданиям, а также в шкафах, возможна установка отключающего устройства на наружном надземном газопроводе в удобном для обслуживания месте, но на расстоянии не менее 5 м. Отключающие устройства обязательно устанавливаются на пересечении газопроводами водных преград, железнодорожных путей, магистральных автомобильных дорог, при прокладке газопроводов в коллекторах (на входе и выходе из него), на вводах газопроводов в отдельные жилые общественные и производственные здания, на подземных газопроводах в колодцах с линзовыми компенсаторами.

Для удобства эксплуатации и ремонта газовых сетей на них монтируют специальную арматуру: компенсаторы, конденсатосборники, контрольные трубки, задвижки. В связи с тем, что в фунте температурные колебания незначительны, компенсаторы фактически способствуют только удобству монтажа и демонтажа задвижек. Наиболее широко распространены линзовые компенсаторы. На газопроводах диаметром 100 мм и менее в колодцах устанавливаются гибкие компенсаторы.

При скоплении конденсата в газопроводах в них нарушается нормальное движение газа. Для отвода конденсата из пониженных точек газовой сети применяют конденсатосборники, которые устанавливают в сетях низкого, среднего и высокого давления. В первом случае конденсат выкачивают насосом, во втором случае удаляют под давлением газа.

## **5.4. ВНУТРЕННИЙ ГАЗОПРОВОД**

Внутридомовые газопроводы служат для передачи природного газа от газорегуляторных пунктов к газовым приборам жилых домов (газовые плиты, быстросействующие или емкостные водонагреватели). Ответвления и дворовые разводки всегда рассматриваются как составная часть газопроводов жилых комплексов. В этих газопроводах поддерживается всегда низкое давление газа до 3000 Па. Газоснабжение жилых домов осуществляется от уличных газопроводов низкого давления.

Внутренний газопровод монтируется в зданиях этажностью в девять этажей, включительно /19/. Это связано с возможностью доставки газа к квартирным приборам с достаточным давлением. При большей этажности газопроводы низкого давления могут не всегда обеспечить подачу на верхние этажи, со всеми возможными последствиями.

Основными элементами системы газоснабжения дома являются ответвления от городских (уличных) газопроводов, дворовые газопроводы, разводящая магистраль здания, вводы в секции, секционная разводка, стояки, квартирные газопроводы. Газопроводы монтируются из стальных труб на сварке. Присоединение кранов и газовых приборов осуществляется на резьбе, а с трубами диаметром более 40 мм - на фланцах.

Ответвления служат для подачи газа из уличного газопровода к зданиям. На тротуаре или у линии застройки домов на ответвлении монтируется отключающее устройство. Если по ответвлению подача газа должна осуществляться в несколько точек, подъездов или корпусов, то ответвление образует дворовую разводку. Газопровод подводится к углу здания, при выходе из земли (в кожухе) на высоте один метр от поверхности отмостки устанавливается запорная задвижка.

Разводка по зданию осуществляется по стене здания со стороны дворового фасада между первым и вторым этажами. У каждого подъезда осуществляется ввод в лестничную клетку на второй этаж и под потолком разводится во все квартиры этажа. На всех ответвлениях устанавливаются пробковые краны. В кухнях квартир устанавливаются стояки, проходящие на все этажи, и осуществляется разводка к квартирным газовым приборам, перед которыми устанавливаются отключающие краны. Все газовые стояки в верхней части должны заканчиваться пробками, после вывертывания которых через шланг производится продувка системы для удаления газовой смеси при первичном пуске газа. В целях предотвращения повреждения газопроводов при осадке зданий, а также защиты стояков от коррозии в местах пересечения трубами междуэтажных перекрытий и лестничных площадок их необходимо прокладывать в футлярах (гильзах) большего диаметра. Нижний обрез футляра устанавливается заподлицо, снизу перекрытия, а верхний конец выводится на 5 см выше пола или лестничной площадки. Пространство между газопроводом и футляром заделывается просмоленной прядью с битумом, а сам футляр - цементом.

Квартирная разводка служит для подачи газа от стояков к газовым приборам. Она состоит из квартирных вводов (при расположении стояков в лестничных клетках), разводящих газопроводов и опусков к приборам. Все разводящие линии прокладываются с уклоном не менее 0,001 к стояку и приборам. Опуски к приборам должны выполняться отвесно. Газопроводы разрешается прокладывать только по нежилым помещениям (кухни, коридоры). Перед каждым газовым прибором на опуске должен быть установлен кран. При открытой прокладке внутри помещения должны соблюдаться определенные расстояния от строительных конструкций.

Газопроводы не должны пересекать оконные и дверные проемы. В жилых зданиях газопроводы крепят к стенам с помощью крюков, вбитых в стену. При диаметре трубы более 40 мм крепление газопроводов выпол-

няют с помощью кронштейнов. Расстояние между опорами принимают примерно 2,5 м при диаметре трубы 15 мм; 3,5 м - при диаметре трубы 25 мм; 5 м - при диаметре трубы 50 мм. Зазор между трубами и стеной выполняют 2 см.

## 5.5. РАСЧЕТ ГАЗОПРОВОДОВ

Режим потребления газа потребителями различных категорий сильно отличается как в течение года, так и в течение суток.

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

Для отдельных жилых домов и общественных зданий расчетный часовой расход газа  $Q_d^h$  м<sup>3</sup>/ч, определяется по сумме номинальных расходов газа газовыми приборами  $q_{nom}$ , м<sup>3</sup>/ч, с учетом коэффициента одновременности их действия  $K_{sim}$  по формуле

$$Q_d^h = \sum_{i=1}^m K_{sim} q_{пот} n_i,$$

где  $\sum_{i=1}^m$  - сумма произведений величин  $K_{sim}$ ,  $q_{пот}$  и  $n_i$ , от  $i$  до  $m$ ,  $n_i$  - число однотипных приборов или групп приборов;  $m$  - число типов приборов или групп приборов.

Номинальный расход газа принимается по техническим паспортам приборов или по /19/ (для четырехконфорочных газовых плит на природном газе можно принять 1,13... 1,23 м<sup>3</sup>/ч). Коэффициент одновременности для жилых домов городов и поселков можно принять по /19/ или по табл. 5.1.

Диаметр газопровода ввода здания принимается по таблицам гидравлического расчета газопроводов /19/ по расчетному расходу, м<sup>3</sup>/ч, и допустимым потерям давления на участке.

При разработке генпланов населенных пунктов рассчитывается потребный годовой объем газа для всего населенного пункта или его отдельных частей (зон) с учетом зданий различной этажности и степени благоустройства. В сельской местности учитывается также расход газа на приготовление кормов и воды для животных и птиц. Расход газа в котельных населенных пунктов принимается с учетом потребного объема газа на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение жилых, общественных и административных зданий, а также производственные нужды предприятий, обеспечиваемых централизованным газопроводом.

Таблица 5.1

Значения коэффициентов одновременности действия приборов  
для жилых домов городов и поселков

Число квартир или приборов	Коэффициент $K_{sim}$ в зависимости от устанавливаемого газового оборудования		
	плита 4-конфорочная	плита 2-конфорочная	плита 4-конфорочная и газовый проточный водонагреватель
1	1	1	0,720
10	0,254	0,263	0,220
50	0,223	0,211	0,170
70	0,217	0,205	0,164
100	0,210	0,202	0,160
400	0,180	0,170	0,130

### Контрольные вопросы

1. Системы газоснабжения населенных пунктов.
2. Классификация газопроводов.
3. Трассирование газопроводов.
4. Расчет потребности газа.
5. Элементы централизованного газоснабжения населенных пунктов.
6. В каких зданиях можно устраивать централизованное газоснабжение?

## 6. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

### 6.1. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Системой электроснабжения называется совокупность электростанций, электрических сетей и электроустановок, связанных между собой общностью режима в непрерывном процессе производства.

В настоящее время для обеспечения различных потребителей применяются следующие системы электроснабжения: местные, локальные, централизованные, энергетические, региональные энергетические и единая энергетическая система России.

Местная система электроснабжения предусматривает наличие источника электроэнергии - электрогенератора на месте потребления, т.е. у потребителя. От генератора прокладывается электрическая сеть с напряжением, необходимым для электрической установки.

Локальная система предусматривает электроснабжение группы потребителей электрогенератором и электросетями без изменения напряжения источника. От источника электроэнергии прокладываются линии электропередачи к жилым домам и предприятиям в пределах населенного пункта (к примеру, в небольшом удаленном населенном пункте).

Централизованная система может обслуживать несколько населенных пунктов или потребителей с транспортировкой электрической энергии на небольшие расстояния с повышением напряжения в питающих линиях и последующим понижением напряжения у потребителей.

Энергетической системой называется совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и теплоты при общем управлении этим режимом.

Региональная энергетическая система объединяет несколько электрических станций для работы в едином режиме и обеспечения энергией большой территории, в пределах одной области, края или республики или нескольких соседних субъектов.

Единая энергетическая система в России (создана была еще при СССР) включает в себя большинство региональных систем Европейской части России, Западной и Восточной Сибири. В ближайшем будущем к ней будут присоединены и Дальневосточные региональные системы, не только юридически, но и фактически.

Электрическая энергия вырабатывается на электростанциях, расположенных, как правило, у источников первичной энергии. Электростанции связаны между собой и с потребителями электрическими сетями, которые объединяют их в централизованно управляемые энергетические системы (энергосистемы). Нагрузку на электростанции распределяют так, чтобы получить наиболее дешевую электроэнергию. Например, если запас воды на гидравлической станции (ГЭС) большой, то ее нагружают на полную мощность, а тепловую (ТЭС) разгружают, экономя топливо. Или же за счет ТЭС удовлетворяют постоянную (базисную) нагрузку в течение суток, а ГЭС включают в часы, когда нагрузка возрастает.

Благодаря энергосистемам не только повышается экономичность электроснабжения, но и значительно увеличивается его надежность, возрастает общая полезная выработка электроэнергии и т.д.

Электрическая система - это часть энергосистемы, объединяющая генераторы, распределительные устройства, трансформаторные подстанции, электрические линии и токоприемники электрической энергии.

Электрической сетью называют часть электрической системы, в которую входят трансформаторные подстанции и линии электропередачи различных напряжений. Электрические сети по назначению делят на распределительные и питающие.

Питающей называют электрическую сеть, по которой электроэнергию подводят к распределительным трактам или районным трансформаторным подстанциям.

*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. Режим потребления электроэнергии зависит от вида потребления (коммунально-бытовые потребители, промышленные предприятия, электрифицированный транспорт). Кроме того, на режим электропотребления оказывают влияние колебания электрической нагрузки по часам суток и временам года. В течение суток нагрузка регулярно снижается в ночные часы, а в течение недели снижение нагрузки имеет место в рабочие дни.

Режимы потребления электроэнергии отдельных потребителей и энергосистем в целом характеризуются графиками электрических нагрузок, отражающих изменение потребляемой мощности в течение суток или года.

Распределение нагрузки энергосистемы между электростанциями производится по критериям минимума расхода топлива и затрат на выработку электроэнергии.

Кроме того, на учет нагружаемости электростанций оказывают влияние водозенергетические показатели ГЭС (гидроэлектростанций) и тепловые графики нагрузки теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Характерным показателем графиков нагрузки является *годовое число часов использования максимальной мощности*  $T$ , ч, равное

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

где  $A$  - годовая выработка электроэнергии, кВт·ч;  $P_{max}$  - максимальная нагрузка, кВт.

*Среднесуточная нагрузка*  $P_{cp}$  определяется по формуле

$$P_{cp} = W_{сут} / 24,$$

где  $W_{сут}$  - выработка электроэнергии в течение суток, кВт·ч.

*Плотность графика нагрузки*  $\beta$  составляет:

$$\beta = P_{cp} / P_{max}.$$

Вместо показателя  $\beta$  можно использовать аналогичное понятие - коэффициент нагрузки (коэффициент заполнения графика)

$$\alpha = T / 8760,$$

где 8760 - число часов в году.

Суточный график нагрузки условно делится на три характерные режимы. Базисный режим, характеризуется работой с максимальной мощностью в течение продолжительного времени. График нагрузок располагается ниже линии минимальной нагрузки системы. Полупиковый режим - характеризуется периодическим включением максимальной мощности. График нагрузок проходит между линиями минимальной и среднесуточной

нагрузок. Пиковый - периодическое включение мощности в период максимальных нагрузок. График проходит выше среднесуточной нагрузки.

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

*Теплофикационные станции - теплоэлектроцентрали (ТЭЦ)* нашли широкое применение в городах в качестве комбинированных источников, производящих тепло и электроэнергию. Работа ТЭЦ в годовом графике нагрузки связана с полупиковыми и базисными режимами. Изменение потребности в тепловой мощности ТЭЦ в течение суток ограничивается в среднем 5... 15 %. В наиболее напряженный зимний период режим работы ТЭЦ полностью определяются условиями теплоснабжения. Годовое число часов использования данных станций составляет 3500...6000. Для атомных электростанций (АЭС) и государственных районированных электростанций (ГРЭС), расположенных на месторождениях каменного угля и нефти, характерна работа в базисном режиме с высоким годовым временем использования (до 6000...6500 ч).

## 6.2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГОРОДОВ

*Система электроснабжения города* включает в себя элементы энергетической системы, обеспечивающие распределение электроэнергии потребителям. К городским электрическим сетям относятся:

- электроснабжающие сети напряжением 110 (35) кВ и выше, содержащие кольцевые сети с понижающими подстанциями (ПС), линии и подстанции глубоких вводов;

- питающие сети напряжением 10 (6) ...20 кВ, содержащие трансформаторные подстанции (ТП) и линии, соединяющие центры питания с ТП и ТП между собой;

- распределительные сети до 1000 В.

*Электрическими станциями* обычно являются теплоэлектроцентрали, обеспечивающие тепловой и электрической энергией коммунально-бытовые и промышленные объекты.

К понижающим подстанциям относятся:

- 1) городские подстанции (35...220 кВ), располагающиеся в непосредственной близости к границам города;

- 2) подстанции глубоких вводов (110...220 кВ), сооружаемые непосредственно на территории районов и в промышленных зонах крупных городов;



3) трансформаторные подстанции на 10 (6)/0,38 кВ коммунально-бытовых и промышленных потребителей энергии.

Подстанции и распределительные пункты (РП) обычно сооружаются как отдельно стоящие здания. В обоснованных случаях допускается применение встроенных в здание ТП и РП.

Подстанции глубоких вводов напряжением 110 кВ и выше сооружаются в закрытом исполнении. Для открытых вариантов подстанций проводят шумозащитные мероприятия, а расстояния от ТП до жилых домов и коммунальных сооружений определяются акустическим расчетом.

Принципиальная схема электроснабжения города показана рис. 6.1.

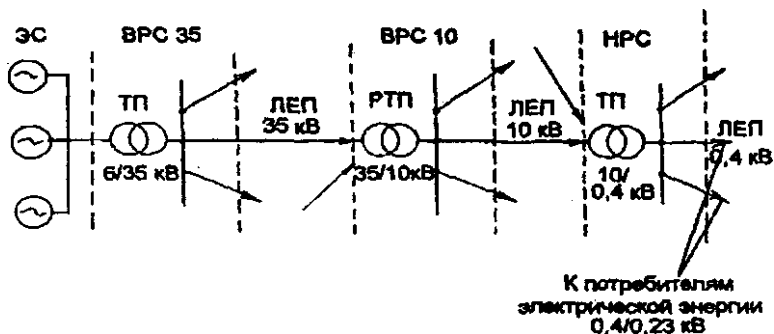


Рис. 6.1. Схема электроснабжения города: ЭС - электростанция; ТП 6/35 кВ; ВРС 35 и ВРС 10 - высоковольтная распределительная сеть; НРС - низковольтная распределительная сеть; ЛЭП 35, ЛЭП 10 и ЛЭП 0,4 кВ линии электропередачи соответствующего напряжения; РТП 35/10 кВ - районная трансформаторная подстанция, ТП 10/0,4 кВ - трансформаторные подстанции потребительские

В схеме различают следующие основные звенья:

I звено - электроснабжающая сеть напряжением 35 кВ и выше, в состав которой входят также городские и районные понижающие подстанции и подстанции глубокого ввода и питающие их линии;

II звено - питающая сеть 6...10 кВ, как совокупность питающих линий, районных (распределительных) трансформаторных подстанций (РТП). На данной ступени электроснабжения электрические сети могут делиться по назначению и ведомственной принадлежности;

III звено - распределительная сеть 6... 10 кВ. Ее питание осуществляется как от РТП, так и непосредственно от центров питания;

IV звено - трансформаторные подстанции распределительных сетей;

V звено - распределительная сеть 0,38 кВ.

На электростанциях устанавливают генераторы переменного тока напряжением от 3,15 до 24 кВ, в зависимости от их мощности. При передаче электроэнергии на большие расстояния в целях уменьшения потерь и экономии материалов электропроводов генераторное напряжение в трансформаторах повышают.

Ниже приведены значения стандартных высоких напряжений и даны ориентировочные сведения о том, на какие расстояния и при каких мощностях целесообразно передавать электроэнергию на данном напряжении с наименьшими потерями (табл. 6.1).

На рис. 6.1 повышающий трансформатор 6/35 кВ преобразует напряжение с 6 кВ до 35 кВ. По линии электропередачи (ЛЭП) электроэнергия передается с наименьшими потерями на районные трансформаторные подстанции (РТП) и трансформируется до напряжения 10 кВ. По линиям электропередачи электроэнергия подается на трансформаторные подстанции (ТП), обеспечивающие электроэнергией населенные пункты, дачные поселки, районы индивидуальной застройки, отдельных потребителей электроэнергии и т.п.

По распределительной сети напряжением 0,4/0,23 кВ электрическая энергия распределяется непосредственно к потребителям.

Таблица 6.1

Ориентировочные расстояния для выбора напряжения  
линий электропередачи

Номинальное напряжение линии, кВ	Наибольшая передаваемая мощность на одну цепь, МВт	Наибольшее рас- стояние передачи, км
10	До 3,0	До 15
20	До 5,0	До 30
35	5...15	30...60
110	25...50	50...150
220	100...200	150...250
330	300...400	200...300
400	500...700	600...1000
500	700...900	800...1200
750	1800...2200	1200...2000

Электроснабжающая сеть выполняет две основные функции: осуществляет параллельную работу источников питания и распределяет энергию среди районов города. Подобные сети выполняются в виде кольца. Напряжение кольцевой сети определяется размерами города. Для крупных и крупнейших городов она выполняется на напряжение 110...220 кВ.

Схемы питания цепей 6... 10 кВ используются в системах электро-снабжения крупных промышленных и коммунальных предприятий, а также для питания городской распределительной сети общего пользования.

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

*простейшие радиальные сети* с минимальной надежностью;

*петлевые схемы* (имеющие двустороннее питание) как наиболее распространенные для распределительных сетей города;

*петлевые автоматизированные сети*. Автоматический ввод резерва применен для наиболее ответственных потребителей.

Решающая роль электроэнергии в обеспечении нормальной жизнедеятельности города требует высокой надежности электроснабжения. Электроприемники потребителей делятся на три 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 электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания; перерыв электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания. Особая по надежности группа электроприемников первой категории должна предусматривать дополнительное питание от третьего независимого взаимного резервирующего источника питания.

Ко второй категории относятся электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому уменьшению выработки продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности жителей города. Электроприемники второй 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 третьей 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 одних суток.

Применительно к жилым зданиям к первой категории относятся: лифты; противопожарные устройства; аварийное освещение коридоров, вестибюлей, холлов и лестничных клеток жилых домов выше 16 этажей; электроприемники специального назначения (встроенные автоматические телефонные станции, насосные станции подкачки воды и перекачки сточных вод и т.п.); заградительные огни в зданиях высотой 50 м и более.

Ко второй категории электроснабжения относятся: электроприемники жилых зданий высотой 6-16 этажей; здания, высотой до 6 этажей, оборудованные стационарными кухонными электроплитами.

К третьей категории электроснабжения относятся: все прочие электроприемники.

### 6.3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

*Кабельные тинии и их прокладка.* Устройство силовых кабелей на напряжение 1...35 кВ изображено на рис. 6.2. Токоведущие жилы кабелей выполняют из меди или алюминия. Различают кабели с изоляцией из бумажных лент со специальной пропиткой, из резины и из пластмассы.

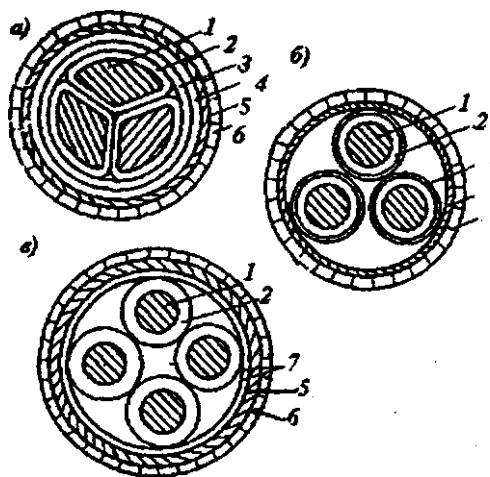


Рис. 6.2. Конструкция кабелей 1 ...35 кВ: а - кабель на напряжение до 10 кВ с бумажной изоляцией; б - то же - с резиновой; в - то же на напряжение 20 и 35 кВ; 1 - токопроводящая жила; 2 - фазная изоляция; 3 - поясная изоляция; 4 - свинцовая или алюминиевая оболочка; 5 - броня; 6 - защитные покровы; 7 - обмотка лентой

Для кабелей высокого напряжения (110...550 кВ) применяют маслонаполненные трубопроводы. При прокладке кабелей в местах с возможными механическими воздействиями используют бронепокровы. Броня выполняется из стальной ленты или проволоки. В почвах, содержащих вещества, разрушительно действующие на оболочку кабелей, а также в зонах, опасных из-за воздействия электрокоррозии, нашли применение кабели со свинцовой оболочкой и усиленными защитными покровами типов Б<sub>1</sub> и Б<sub>2</sub>, либо с алюминиевой оболочкой и особо усиленными

ми (в сплошном влагостойком пластмассовом шланге) защитными покровами типов Б<sub>н</sub> и Б<sub>п</sub>.

Буквенные обозначения в маркировке кабелей имеют следующие значения: А - жила кабеля из алюминия (в начале марки); А - герметическая оболочка из алюминия (в середине марки); Б - бронированный двумя стальными лентами; В - оболочка из поливинилхлоридного пластика (первая или вторая буква в начале марки); Г - не имеют защитных покровов на броне; К - бронированный круглыми стальными проволоками (в конце марки). Н - в резиновой негорючей оболочке; П - полиэтиленовая изоляция (первая или вторая буква в начале марки); П - бронирован плоской стальной проволокой (в конце марки); С - с оболочкой из свинца; Б<sub>л</sub>, Б<sub>в</sub> - кабели бронированы стальными лентами с различной подушкой, Б<sub>н</sub> - броня с негорючим наружным покровом. Нормальные защитные покровы кабелей состоят из битума и кабельной пряжи, пропитанной битумом.

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

Выбор сечения кабельной линии производят по нормированным значениям плотности тока. Сечение жилы кабеля должно удовлетворять условиям допустимого нагрева в нормальных и после аварийных режимах. Для каждой кабельной линии определяют допустимые токовые нагрузки, определяемые по участку трассы с наихудшими тепловыми условиями при длине участка не менее 10 м.

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. Особое внимание уделяется защите от возможных механических повреждений кабеля и соблюдению температурного режима.

Соединение отрезков кабеля и заделку кабеля производят с помощью концевых соединительных муфт. Число соединительных муфт вновь прокладываемых линий на 1 км должно быть не более 4...6 штук, в зависимости от напряжения и сечения кабеля. Прокладывать кабели рекомендуется с соблюдением следующих основных правил.

1) Контрольные кабели и кабели связи размещаются под или над силовыми кабелями и отделяются перегородками.

2) Рекомендуется прокладывать силовые кабели до 1 кВ выше кабелей 1 кВ.

3) Кабели питания электроприемников I категории рекомендуется прокладывать на разных горизонтальных уровнях и разделять перегородками.

4) Маслонаполненные кабели обычно прокладывают в отдельных сооружениях, при прокладке совместно с другими кабелями они располагаются в нижней части сооружения и отделяются огнеупорными перего-

родками. При прокладке кабельных линий в земле в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) /11/, устанавливаются охранные зоны над кабелем:

- для КЛ выше 1 кВ - по 1 м от крайних кабелей;
- для КЛ до 1 кВ - по 1 м от крайних кабелей в сторону проезжей части и 0,6 м в сторону сооружений.

При прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели прокладываются в траншеях и имеют снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем грунта толщиной не менее 100 мм, не содержащего камней, строительного мусора и шлака (рис. 6.3). Защита от механических повреждений заключается в установке железобетонных плит толщиной не менее 50 мм, для кабелей напряжения выше 35 кВ, при напряжении ниже 35 кВ - плитами или в укладке поверх кабеля обыкновенного кирпича в один слой длиной стороной поперек трассы или без защиты, в местах, где земляные работы проводятся редко.

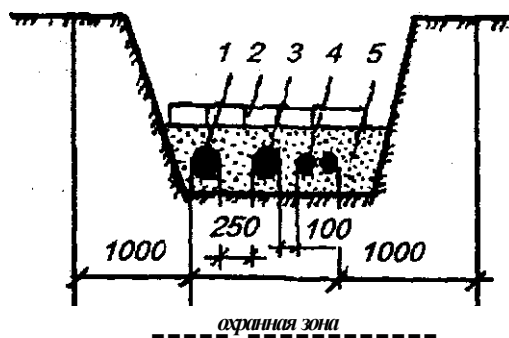


Рис. 6.3. Прокладка кабелей в траншее: 1 - кабель на напряжение 35 кВ;  
2 - кирпич или железобетонные плиты; 3 - кабель на 10 кВ;  
4 - контрольные кабели; 5 - мягкий грунт или песок

Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки земли должна быть не менее: линий до 20 кВ - 0,7 м; 35 кВ - 1 м; при пересечении улиц и площадей независимо от напряжения - 1 м.

Уменьшение глубины прокладки до 0,5 м допускается на участках длиной до 5 м для вводов в здания и промышленные сооружения.

Кабельные маслонаполненные линии 110...220 кВ должны иметь глубину заложения не менее 1,5 м.

Если трасса кабельной линии проходит через участки, насыщенные различными коммуникациями, а также существует необходимость защиты

кабелей от механических повреждений и блуждающих токов, то для прокладки кабелей применяются многоканальные железобетонные блоки или асбестоцементные трубы диаметром 100 мм, с глубиной заложения до верха конструкции 0,5 м.

Другой возможный способ прокладки кабелей - кабельные каналы и тоннели. Он применяется при числе кабелей в одном направлении более 20. Данные конструкции выполняют из сборного железобетона и засыпают поверх съемных плит слоем земли не менее 30 см.

Пересечение кабельной линии железных или автомобильных дорог осуществляется в тоннелях, блоках или трубах на глубине не менее 1 м от полотна дороги.

*Воздушные линии электропередачи.* Воздушной линией электропередачи называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам, стойкам на зданиях и инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т.п.).

Для воздушных линий применяются одно- и многопроволочные провода. По условиям механической прочности площадь сечения проводов должны быть не менее: алюминиевые - 16 мм<sup>2</sup>; сталеалюминиевые и биметаллические 10 мм<sup>2</sup>; стальные многопроволочные - 25 мм<sup>2</sup>, стальные однопроволочные - диаметром 4 мм. Длина отвления от воздушных линий к вводу должна быть не более 25 м.

На опорах ВЛ напряжением до 1 кВ нулевой провод располагается ниже фазных проводов и проводов освещения.

Провода к опорам и кронштейнам прикрепляются с помощью изоляторов устанавливаемых на штыри, крюки и подвески. На опорах воздушных линий в населенной местности с одно- и двух этажной застройкой, не экранированные трубами, высокими деревьями и зданиями, должны устраиваться заземляющие устройства для защиты от грозových перенапряжений. Заземления оборудуются на конечных опорах и промежуточных на расстоянии не более 100...200 м, в зависимости от числа грозových часов на местности.

Для воздушных линий напряжением до 1 кВ могут применяться следующие типы опор (рис. 6.4):

- промежуточные опоры - устанавливаются на прямых участках трассы воздушных линий (ВЛ);
- анкерные опоры - устанавливаются на пересечениях с различными сооружениями, а также в местах изменения количества, марок и сечения проводов;
- угловые опоры - устанавливаются в местах изменения направления трассы ВЛ;

а)

б)

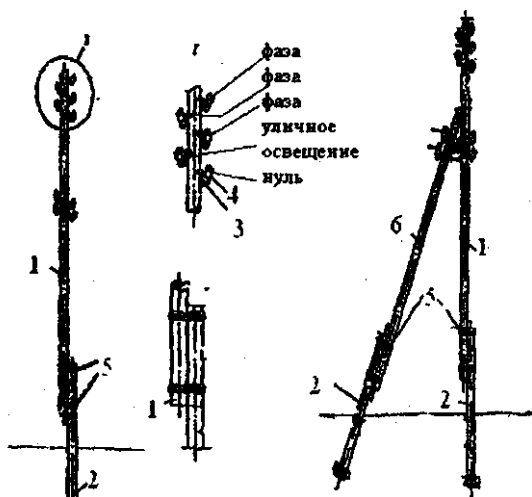


Рис. 6.4. Опоры линий электропередачи напряжением до 1 кВ:  
а - промежуточная; б - угловая или концевая с подкосом; 1 - опора  
деревянная; 2 - приставка; 3 - крюк; 4 - изолятор; 5 - бандаж; 6 - подкос

- концевые опоры - устанавливаемые в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки;
- ответвительные опоры - в местах выполнения ответвлений ВЛ;
- перекрестные опоры - в местах пересечения ВЛ двух направлений разного напряжения.

Для восприятия усилий опоры могут быть выполнены с оттяжками или подкосами. Оттяжки опор могут прикрепляться к анкерам, установленным в земле, или к зданиям или сооружениям. Они могут быть одно- и многопроволочные. Подкосы выполняются из того же материала, что и опоры.

Для ВЛ могут применяться опоры железобетонные, деревянные, деревянные с железобетонными приставками и металлические (трубчатые, каркасные ступенчатые и т.п.).

Расстояние от проводов ВЛ напряжением до 1 кВ при наибольшей стреле провеса до земли и проезжей части улиц, а также автомобильных дорог III - V категорий должно быть не менее 6 м. При пересечении проезжей части улиц ответвлениями от ВЛ к вводам расстояние от проводов до тротуаров и пешеходных дорожек допускается уменьшить до 3,5 м.



Сооружение ВЛ ведется в соответствии с проектом. На местности производят разбивку трассы. Для этого измеряют расстояние между соседними анкерными, или угловыми опорами и разбивают на равные участки, близкие к принятой для данной линии длине пролета, которая для ВЛ напряжением до 1 кВ не должна превышать 40...45 м.

Минимальное заглубление промежуточных опор в грунте должно быть на 10 см больше, чем нормативная глубина промерзания грунта. Анкерные опоры заглубляются не менее чем на 2,0...2,2 м, а угловые - на 2,3...2,5 м. Подкосы закапываются на глубину 1,5...1,7 м от уровня земли.

#### 6.4. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

*Расход электрической энергии.* Основными потребителями электроэнергии, вырабатываемой на электростанциях, являются промышленные предприятия, жилищно-бытовые объекты, электрифицированный транспорт. Часть вырабатываемой энергии расходуется на собственные нужды электростанций.

Основным методом расчета и прогнозирования электропотребления является *прямой счет*, основанный 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.

Потребность электроэнергии  $W$ , кВт·ч, промышленными предприятиями может быть определена следующим образом:

для действующих предприятий - на основе отчетного периода электропотребления с учетом тенденций его изменения на перспективу;

для реконструируемых или вновь создаваемых предприятий - на основе годового объема выпускаемой продукции  $M$  и удельных норм расхода электроэнергии  $W_{уд}$ , кВт·ч:

$$W = W_{уд} \cdot M.$$

Потребители электроэнергии, расходуемой на коммунально-бытовые нужды, подразделяются на жилые и общественные сектора. Неравномерность потребления электрической энергии учитываются путем расчета максимальных расходов. Средние значения удельных норм расхода электроэнергии рассматриваемых потребителей умножаются на следующие коэффициенты для различных групп городов (табл. 6.2.).

Расход электроэнергии, кВт·ч, на нужды быта и сферы обслуживания городов оценивается на основе данных о количестве населения города и удельных норм расхода электроэнергии, приведенных ниже.

<i>Жилой сектор</i>	
Освещение .....	140
Приборы.....	240
Приготовление пищи .....	70
Низкотемпературные процессы .....	50
<i>Общественный сектор</i>	
Освещение общественных зданий .....	105
Освещение улиц .....	34
Коммунально-общественные предприятия .....	137
Водопровод .....	162
Приготовление пищи .....	72
Кондиционирование .....	2
Отопление .....	4
Прочие .....	65

Из этих данных следует, что на одного человека предусматривается расход электроэнергии в количестве 1090 кВт·ч.

Таблица 6.2

Коэффициенты неравномерности потребления электроэнергии

Категория города	Коэффициент неравномерности
крупные и крупнейшие (более 250 тыс. чел.)	1,1
большие (100 ... 250 тыс. чел.)	1,0
средние (50 ... 100 тыс. чел.)	0,97
малые (менее 50 тыс. чел.)	0,73

В основе определения расчетных нагрузок жилых зданий лежит расчетная нагрузка на одного потребителя, в качестве которого выступает семья или квартира. Для зимнего вечернего пика потребления удельные нагрузки для квартир приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Удельные нагрузки на одного потребителя в жилых зданиях

Характеристика квартир	Удельные нагрузки на одного потребителя $P_{уд}$ , кВт, при числе квартир в жилых зданиях								
	≤ 3	15	24	40	60	100	200	400	600
С газовыми плитами	3,0	1,1	0,9	0,7	0,59	0,49	0,45	0,42	0,41
С электрическими плитами	7,0	2,0	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	0,92	0,79

Расчетная активная нагрузка на вводе в жилое здание  $P_{ж.э.о.}$ , определяется выражением

$$P_{ж.э.о.} = P_{кв.} + k_{н.мах} \cdot P_{с},$$

где  $P_{кв.}$  - расчетная нагрузка от квартир, кВт,  $k_{н.мах}$  - коэффициент несовпадения максимумов нагрузки от квартир и силовых электроприемников;

$P_c$  - расчетная нагрузка силовых электроприемников, кВт.

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

Суммарная расчетная нагрузка трансформаторных подстанций  $P_p$  определяется суммой нагрузок  $P_i$  с учетом коэффициентов несовпадения максимумов  $K_{н.мах}$ :

$$P_p = P_{н.б.} + \Sigma K_{н.мах} P_i,$$

где  $P_{н.б.}$  - наибольшая расчетная нагрузка на одного из потребителей.

*Электрическая нагрузка* — это исходная величина для выбора всех элементов электрической сети. Расчет электрических нагрузок производится от низших к высшим ступеням системы электроснабжения и включает два этапа: определение нагрузки на входе к каждому потребителю и расчет отдельных элементов сети.

Электрические нагрузки определяют режимы электрических сетей, на основе которых решаются задачи по определению следующих параметров: загрузки элементов сети, соответствия пропускной способности сети ожидаемым потокам мощности; сечения проводов и кабелей, мощности трансформаторов; уровня напряжения в узлах и элементах сети; уровня токов короткого замыкания (КЗ); интегральных показателей условий работы сети в целом за длительный период (год); передаваемой энергии, средних значений параметров режиму (напряжений в узлах, плотности тока в линиях, загрузки трансформаторов).

При анализе ожидаемых в перспективе установившихся режимов электрических сетей различают расчетные, длительные или регулярные потоки мощности, которые имеют место в нормальных режимах работы энергосистем и расчетные максимальные нерегулярные потоки, определяемые случайными отклонениями от нормальных режимов.

Наибольшие суточные расчетные режимы регулярных потоков мощности определяются максимальной нагрузкой в зимние дни (обычно в период от 18 до 19 ч рабочего дня в середине недели декабря), в летние дни (обычно в период 20...24 ч, чаще всего в связи с проведением капитальных ремонтов в системе электроснабжения).

Максимальные значения нерегулярных потоков мощности совпадают с послеаварийными режимами, возникающими при отключении наиболее нагруженных линий, трансформаторов и при мобилизации аварийного резерва для передачи его в другие части системы. Установленная мощность энергопотребителей определяется на основе удельных расчетных электрических нагрузок.

Методика определения удельных расчетных нагрузок жилищно-коммунального сектора излагается в специальных нормах.

Для жилых домов нормы регламентируют два характерных режима электропотребления с применением наиболее типовых электроприборов: 1) для газифицированных квартир; 2) квартир с электроплитами.

*Потребляемая мощность многоквартирного дома* определяется в зависимости от числа квартир:

$$P_{кв} = P_{уд} \cdot n,$$

где  $P_{уд}$  - удельная расчетная нагрузка от квартиры, кВт;  $n$  - число квартир, обслуживаемых системой.

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

$$P_p = P_{уст} \cdot \kappa_s.$$

Значения  $\kappa_s$  для различного вида электропотребителей приводятся в справочниках по расчету городских электрических сетей.

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*. Дальнейшие расчеты определяют соответствие выбранных проводов техническим ограничениям условий эксплуатации. 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 %.

### Контрольные вопросы

1. Источники электрической энергии.
2. Системы электроснабжения.
3. Энергетические системы.
4. Схемы электроснабжения населенных пунктов.
5. Трансформаторные подстанции.
6. Трассирование электросетей.
7. Элементы систем электроснабжения.
8. Линии электропередачи.

## 7. ТЕЛЕФОННЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СЕТИ

Основы прокладки и устройства телефонных кабельных сетей совпадают с принципами построения силовых электрических сетей. Прокладка трассы городской телефонной сети (ГТС) производится на основе рабочих чертежей. Она предусматривает монтаж трубопроводов, каналов, шахт и смотровых устройств, предназначенных для прокладки и эксплуатации кабелей связи. Основным элементом ГТС являются подземные трубопроводы. Трубопроводы собираются из отдельных труб или бетонных блоков с общим количеством каналов от 1 до 48 и более. По трассе трубопроводы разделяются подземными смотровыми устройствами (колодцами) на отдельные участки (пролеты) длиной до 150 м.

При прокладке бетонных блоков кабельной канализации требуется проверка качества стыка соединяемых элементов с последующей обмазкой места соединения цементно-песчаным раствором. Асбестоцементные трубы допускают прокладку в несколько рядов со сдвигом стыков верхнего ряда на 150...200 мм относительно стыков нижнего ряда. В кабельной канализации ГТС используются также полиэтиленовые трубы, которые применяются в особых условиях транспортировки, хранения и прокладки. Полиэтиленовые трубы используются преимущественно для малых и однорядных блоков, для тупиковых участков вводов в здания.

К смотровым устройствам ГТС относятся колодцы кабельной канализации связи. При разработке проекта конкретного объекта определяются тип колодца (с учетом перспективы развития кабельной сети на заданный период) и способы гидроизоляции и предотвращения разрушения колодцев в грунтах, подверженных различным смещениям.

Кабельные телефонные сети выполняются также воздушными на столбах линий связи. Такая линия связи начинается с кабельной опоры, оборудованной кабельными ящиками и кабельной площадкой. Опоры линии устанавливаются, как правило, вне проезжей части улиц. 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. Для каждой стоечной опоры предусматривается безопасный подход с рабочей площадкой для проведения ремонтно-восстановительных работ.

Ввод кабелей в здание от городской АТС осуществляется из распределительных шкафов, или непосредственно от коммутационного щита ГТС. Он может быть подземным или воздушным.

При подземном способе кабель по опоре опускается в грунт и подается в здание по кабельной канализации либо применяется бронированный кабель.

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.

Глубина заложения линий связи должна быть не менее 0,7 м, а при прокладке в трубах и блоках 0,5 м до верха конструкции и у зданий.

### **Контрольные вопросы**

1. Классификация линий связи.
2. Элементы линий связи.
3. Способы устройства линий связи.
4. Трассировка линий связи.

## **8. ПРИНЦИПЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ И КОЛЛЕКТОРОВ В ГОРОДАХ**

### **8.1. РАЗМЕЩЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ СЕТЕЙ В ПЛАНЕ**

Инженерные сети прокладываются преимущественно по улицам и дорогам. Для этой цели в поперечных профилях улиц дорог предусматриваются места для укладки сетей различного назначения. Так, 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 и хозяйственно-бытовая канализация. Причем, при ширине улиц в пределах красных линий 60 м и более, прокладка подземных сетей проектируется по обеим сторонам улиц.

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. Установлены нормативные минимальные расстояния от инженерных коммуникаций до зданий и сооружений (табл. 8.1), а так же между инженерными коммуникациями (табл. 8.2) в плане при параллельной прокладке, обеспечивающие безопасность при строительстве и эксплуатации сооружений и коммуникаций /20/. Эти расстояния зависят от назначения зданий, сооружений и коммуникаций, их особенностей, параметров, размеров и других факторов. На рис. 8.1. приведен пример размещения коммуникаций в поперечном профиле улицы.

Пересечение трубопроводов с железнодорожными и трамвайными путями, а также автодорогами, как правило, должно проходить под углом 90°. При соответствующем обосновании допускается уменьшение угла

пересечения до  $45^\circ$  в тех случаях, когда пересекаются водные преграды, автомобильные дороги, трамвайные пути, отдельные здания и сооружения, и  $60^\circ$  при пересечении сооружений метрополитена и железных дорог. Подземное пересечение инженерными сетями железных дорог диктует следующие наименьшие расстояния по горизонтали в свету:

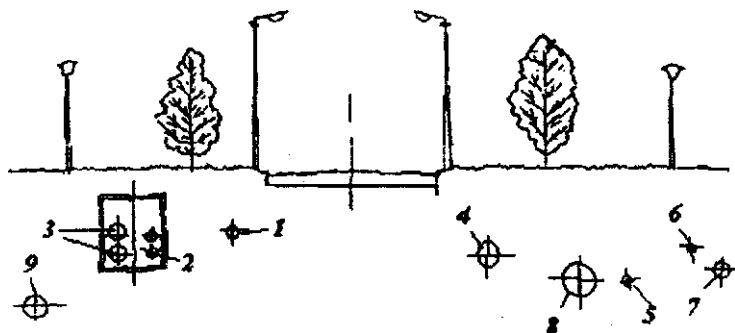


Рис. 8.1. Расположение инженерных сетей на улице районного значения без местных проездов: 1 - сборные трубопроводы ливневой канализации; 2 - производственный водопровод; 3 - теплопроводы; 4 - магистральная линия ливневой канализации; 5 - распределительная сеть водопровода; 6 - газопровод среднего давления; 7 - то же, высокого давления; 8 - магистральный водопровод; 9 - хозяйственно-бытовая канализация

- до стрелок и крестовин железнодорожного пути и мест присоединения отсасывающих кабелей электрифицированных дорог - 10 м;

- до стрелок и крестовин железнодорожного пути при пучинистых грунтах - 20 м;

- до мостов, труб, тоннелей и других искусственных сооружений на железных дорогах - 20 м.

Прокладка инженерных сетей при подземном пересечении железных и автомобильных дорог, трамвайных путей и линий метрополитена может осуществляться:

- в каналах при возможности производства строительно-монтажных работ и ремонтных работ открытым способом;

- в футлярах при невозможности производства работ открытым способом, длине пересечения до 40 м и возможности обеспечения по обе стороны от пересечения прямых участков трассы длиной 10... 15 м;

- в тоннелях - в остальных случаях, а также при заглублении от поверхности земли до перекрытия канала (футляра)  $> 2,5$  м.

Расстояние в плане от обреза футляра, а в случае устройства в конце футляра колодца, от наружной поверхности стены колодца устанавливается следующим:

- при пересечении железных дорог - 8 м от оси крайнего пути, 5 м от подошвы насыпи и 3 м от бровки выемки и от крайних водоотводных сооружений (кюветов, нагорных канав, лотков и дренажей);

- при пересечении автомобильных дорог - 3 м от бровки земляного полотна или подошвы насыпи, бровки выемки, бровки нагорной канавы или другого водоотводного сооружения.

Внутренний диаметр футляра при прокладке в них линий водопроводов, тепловодов и канализации принимается на 200 мм больше наружного диаметра прокладываемого (рабочего) трубопровода или наружного диаметра теплоизоляции на тепловых сетях.

При пересечении газовых сетей другими сетями на последних на расстоянии до 15 м предусматриваются устройства для отбора проб на утечку газа. В ближайших к пересечению искусственных и естественных препятствий колодцах и камерах устанавливаются запорная арматура, а также устройства для спуска воды из рабочих трубопроводов, каналов, футляров и тоннелей.

## **8.2. РАЗМЕЩЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ**

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.

Прокладка трубопроводов, транспортирующих хозяйственно-питьевую или сточную воду бытового или производственного происхождения, в северных и центральных районах страны производится с учетом глубины промерзания и температуры транспортируемой воды. В южных районах страны глубина заложения трубопроводов определяется действием внешних нагрузок от транспорта и возможностью нагревания воды в трубопроводах в летнее время. С учетом этих воздействий наименьшая глубина заложения принимается не менее 0,7 м до верхнего устройства конструкции коммуникаций. Кроме этих, условий на глубину заложения трубопроводов 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 0,4 м.

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 10 м 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 устройства футляров, если расстояние в свету между трубопроводами будет больше 0,5 м;

- теплопроводы открытых систем теплоснабжения и трубопроводы горячего водоснабжения разрешается прокладывать ниже или выше канализационных сетей, если расстояние между ними будет составлять не менее 0,4 м.

Расстояние между трубопроводами различного назначения принимается равным 0,2 м, за исключением, как уже указывалось, 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 35 кВ и кабелями связи и трубопроводами - 0,5 м; то же 110...220 кВ и трубопроводами - 1 м.

Прокладка трубопроводов и электрокабелей под железнодорожными и трамвайными путями, считая от подошвы рельса, или автодорогами, считая до верха покрытия проезжей части, до верха трубы, футляра или электрокабеля, осуществляется на глубине 1 м при открытом способе производства работ и на глубине 1,3 м при закрытом (продавливании, горизонтальное бурение или щитовая проходка).

### **Контрольные вопросы**

1. Принципы трассировки инженерных сетей по улицам.
2. Допустимые расстояния от инженерных сетей до зданий и сооружений или их элементов.
3. Допустимые расстояния между инженерными коммуникациями при параллельной трассировке их.
4. Допустимые расстояния по вертикали между инженерными коммуникациями при их пересечении.

## **9. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ КУРСОВЫЕ ПРОЕКТЫ**

Для более глубокого усвоения материала предлагаются следующие курсовые проекты; «Инженерное оборудование жилого микрорайона» или «Инженерное оборудование сельского населенного пункта».

Курсовой проект «Инженерное оборудование жилого микрорайона» включает в себя разработку следующих вопросов. По заданной схеме мик-

рорайона или реального жилого квартала разрабатывается генплан микрорайона с проработкой размеров зданий по типовым проектам или принятым размерам. По заданным горизонталям местности и уличным инженерным коммуникациям проводится анализ участка территории и решаются вопросы вертикальной планировки для заданного здания и в целом по микрорайону. Разрабатываются вопросы по проектированию систем водоснабжения, канализации, теплоснабжения (горячего водоснабжения и отопления зданий), газоснабжения, электроснабжения и связи всех зданий микрорайона. Проводятся расчеты по потребному объему воды, тепла, газа, сточных вод и электричества для всех зданий с учетом особенностей инженерного оборудования. Для одного здания, выделенного руководителем проекта, выполняются более подробные расчеты по подбору трубопроводов и другого оборудования. Для этого же здания строятся профили ввода холодного водопровода и дворовой хозяйственно-бытовой канализации, с целью усвоения вопросов вертикальной планировки. В объеме курсового проекта также предлагается разработать разрезы улиц, охватывающих микрорайон, с показом вертикального размещения элементов инженерных систем и наземных элементов благоустройства улиц, с учетом требований взаимного их размещения друг относительно друга.

Курсовой проект «Инженерное оборудование сельского населенного пункта» направлен на более глубокое изучение размещения элементов инженерных систем на территории населенного пункта. В объеме проекта разрабатываются следующие вопросы. По заданному ситуационному плану с указанием горизонталей, частей (зон) населенного пункта различного назначения решаются элементы планировки улиц и других земельных участков с учетом требований вертикальной планировки. Разрабатываются на генплане населенного пункта элементы следующих инженерных систем: проезжей части улиц с увязкой с внешними дорогами; водоснабжения, канализации, теплоснабжения (горячего водоснабжения и отопления), газоснабжения, электроснабжения и связи. Производится расчет по укрупненным показателям потребного объема ресурсов для различных частей населенного пункта и в целом. В расчетной части также предлагается рассчитать магистральные водопроводные сети с подбором высоты водонапорной башни и с построением графика пьезометрических линий; главного коллектора хозяйственно-бытовой канализации с построением продольного профиля. В графической части также предлагается разработать поперечные разрезы главной и второстепенной улиц с указанием размещения инженерных коммуникаций и элементов наземного благоустройства.

Таблица 8.1

## Допустимые расстояния от инженерных коммуникаций до зданий и сооружений

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

Газопроводы горючих газов давления, МПа:									
низкого до 0,005	2	1	3,8	2,8	1,5	1	1	5	10
среднего свыше 0,005 до 0,3	4	1	4,8	2,8	1,5		1	5	10
высокого:									
св. 0,3 до 0,6	7	1	7,8	3,8	2,5	1	1	5	10
св. 0,6 до 1,2	10	1	10,8	3,8	2,5		1	5	10
Тепловые сети:									
от наружной стенки канала, тоннеля	2*	1,5	4	2,8	1,5		1	2	3
от оболочки бесканальной прокладки	5	1,5	4	2,8	1,5		1	2	3
Кабели силовые всех напряжений и кабели связи	0,6	0,5	3,2	2,8	1,5		0,5	5*	10
Каналы, коммуникационные тоннели	2	1,5	4	2,8	1,5	.	1	2	3
Наружные пневмомусоропроводы	2	1	3,8	2,8	1,5		1	3	5

\* - с учетом требований по соответствующим нормативным документам

Таблица 8.2

Инженерные сети	Расстояния, м. по горизонтали (в свету) до												
	водо- про- вода	кана- лиза- ции быто- вой	дренажа и дож- девой канали- зации	газопроводов давления, МПа				кабе- лей сило- вых всех напря- жений	кабе- лей связи	тепловых сетей		кана- лов, тон- нелей	наруж- ных пнев- мому- соро- про- водов
				низ кого до 0,005	сред- него св. 0,005 до 0,3	высокого				наруж- ная стенка канала, тоннеля	обо- лочка беска- наль- ной про- кладки		
						св. 0,3 до 0,6	св. 0,6 до 1,2						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Водопровод	1,5*	3*	1,5	1	1	1,5	2	0,5*	0,5	1,5	1,5	1,5	1
Канализация бытовая	3*	0,4	0,4	1	1,5	2	5	0,5'	0,5	1	1	1	1
Дождевая канализация	1,5	0,4	0,4	1	1,5	2	5	0,5*	0,5	1	1	1	1
Газопроводы давления, МПа:													
низкого до 0,005	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	2	1	2	1
среднего св. 0,005 до 0,3	1	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	2	1	2	1,5
высокого:													
св. 0,3 до 0,6	1,5	2	2	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	2	1,5	2	2
св. 0,6 до 1,2	2	5	5	0,5	0,5	0,5	0,5	2	1	4	2	4	2

Продолжение табл. 8,2

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

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горохов В.А. и др. Инженерное благоустройство городских территорий/ В.А. Горохов, Л.Б. Лунц, О.С. Расторгуев. - М.: Стройиздат, 1985. - 389 с.
2. Городские инженерные сети и коллекторы/ М.И. Алексеев, В.Д. Дмитриев, Е.М. Быховский и др. - Л.: Стройиздат: Ленингр. отд-ние, 1990.-384 с.
3. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений/ Е.Н. Бухаркин, В.М. Овсянников, К.С. Орлов и др. - М: Высш. шк., 2001.-415 с.
4. Яковлев СВ., Ласков Ю.М. Канализация. - М.: Стройиздат, 1987. - 319с.
5. Сомов М.А. Водопроводные системы и сооружения. - М.: Стройиздат, 1988. - 399 с.
6. Прозоров И.В. Гидравлика, водоснабжение и канализация/ И.В. Прозоров, Г.И. Николадзе, А.В. Минаев. - М.: Высш. шк., 1990. - 448 с.
7. Сладков А.В. Проектирование и строительство наружных сетей водоснабжения и канализации из пластмассовых труб. - М.: Стройиздат, 1988 - 207 с.
8. Тихомиров К.В., Сергеев Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. - М. Стройиздат, 1991. - 480 с.
9. Справочник по инженерному оборудованию жилых и общественных зданий. - Киев: Будівельник, 1989. - 360 с.
10. Авдолимов Е.М., Шальнов А.П. Водяные тепловые сети. - М.: Стройиздат, 1984. - 288 с.
11. Правила устройства электроустановок. - СПб: ДЕАН, 1999. - 926 с.
12. Назаров В.Н. Электропроводка. -М.: ЗАО «АСТВ», 1998. - 256 с.
13. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика/ Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1985 - 64 с.
14. СНиП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий/ Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 1999.- 60 с.
15. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1985. - 136 с.
16. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР. - М. Стройиздат, 1985. - 72 с.
17. СНиП 2.04.05-91\* Отопление, вентиляция и кондиционирование/ Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 1999. - 72 с.
18. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети/ Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. - 48 с.
19. СНиП 2.04.08-87. Газоснабжение. Внутренние и наружные устройства/ Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1988. - 62 с.
20. СНиП 2.07.01-89\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. - М.: ГУП ЦПП, 1997. - 64с.

Учебное издание

Михаил Трифонович Никифоров

Татьяна Григорьевна Калачук

## ИНЖЕНЕРНОЕ ОБУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИЙ

Курс лекций (II часть)

Научный редактор д-р пед. наук, профессор Р.С. Сафин

Подписано в печать 10.02.2009. Формат 60 x 84 1/16. Усл. печ. л. 7,66.  
Уч.-изд. л. 7,57. Тираж 50.

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом  
университете им. В.Г. Шухова  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46