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. Адельшнн; 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. Рельеф и его градостроительная оценка 8
2. Этапы вертикальной планировки 10
3. Цель и основные задачи вертикальной планировки 13
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

1. Системы и схемы водоснабжения……………………………………..30
2. Режим и нормы водопотреблення ……………… 31
3. Свободные напоры в сетях водопровода …………………………… 34
4. Источники водоснабжения и водозаборные сооружения 35
5. Очистка воды и очистные сооружения ……………………………… 36
6. Насосные станции …………………………………………………….. 37
7. Напорно-регулирующие устройства ………………………………… 38
8. Наружные водопроводные сети ………………………………………39
9. Устройство сетей и сооружений на них …………………………….. 42

Контрольные вопросы 49

3. КАНАЛИЗАЦИЯ 49

1. Сточные воды и их классификация …………………………………. 49
2. Системы и схемы канализации ……………………………………… 51

 3.3. Нормы и режим водоотведення. Определение расчетных расходов…………………………………………………………………………...54

3.4. Трассировка канализационных сетей ……………………….……..... 58

 3.5. Основные элементы канализации 59

1. Расчет канализационных сетей ……………………………………… 63
2. Устройство канализационных сетей и сооружений на них …………………………………………………………………………….. 65

3.8. Дождевая канализация (водостоки) ………………………………… 69

Контрольные вопросы 73

4. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ 74

1. Системы и схемы теплоснабжения 74
2. Классификация систем центрального теплоснабжения 76
3. Тепловые пункты— 78
4. Трассировка тепловых сетей.......... .. 80
5. Расчет тепловых сетей............................................................................ 82
6. Устройство тепловых сетей ……….85

Контрольные вопросы 91

5. ГАЗОСНАБЖЕНИЕ 91

1. Краткие сведения о горючих газах……………………………………91
2. Системы газоснабжения населенных пунктов ………………………92

5.3. Устройство наружных газопроводов …………………………………95

1. Внутренний газопровод ……………98
2. Расчет газопроводов …………………………………………………100

Контрольные вопросы 101

6. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ. 101

1. Системы электроснабжения ………………………………………...101
2. Электроснабжение городов …………………………………………104

63. Электрические сети …………………………………………………..108

6.4. Расчет электрических сетей …………………………………………113

Контрольные вопросы 116

7. ТЕЛЕФОННЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СЕТИ 117

Контрольные вопросы 118

8. ПРИНЦИПЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ

СЕТЕЙ И КОЛЛЕКТОРОВ В ГОРОДАХ 118

1. Размещение подземных сетей в плане …………..118
2. Размещение инженерных сетей

в вертикальной плоскости..... 124

Контрольные вопросы 125

9. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ КУРСОВЫЕ ПРОЕКТЫ 125

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 127

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, зо-лопроводы, 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 внутриквар-тальные (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 внут-риквартальными (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 води, 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 м3/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. Горизонтали - 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

Нх = НА + (НВ - НА) L1/L,

где НА — отметка нижележащей горизонтали; НВ — отметка вышележа­щей горизонтали; L1 — 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, характери­зуемая 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 96о.

Уклон поверхности земли участка территории определяется сле­дующим образом



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 |
| З.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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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 |

Оценка территории в зависимости от крутизны поверхности

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 | 2 | 3 |
| Ш | 0,03...0,06 | 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 | 0,06... 0,10 | 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 | 0,10...0,20 | 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 | Более 0,20 | 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 |

Продолжение табл. 1.2

**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 1:5000,12000; 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 = (Н2* – *Н1)/L,***

где *i* - продольный уклон; H2 и H1 - 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.

|  |  |
| --- | --- |
| 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 | Наиболь­шийпродоль­ный уклон, %> | Ширина пеше­ходной части тротуа­ра, м |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 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 |

Таблица 1.3

Основные параметры улиц и дорог городов /20/

На схеме вертикальной планировки на перекрестках, в местах пере­сечения 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-­

|  |
| --- |
| 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 |

 Продолжение табл. 1.3

1 [\2\3\4\5\6\7](file:///2/3/4/5/6/7)

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 горизонтали 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 гори­зонтали, 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 проектируемое 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 нулевые 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 горизонтали 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 hш и продольного уклона ***i*** и определяется как

l=hш/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 горизонтали 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 боль-
ших площадях продольные и поперечные уклоны принимаются наимень-
шими, в пределах обеспечения стока поверхностных вод. Продольные ук-
лоны на площадях не должны превышать 0,03, на площадях прямоуголь-
ной 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 горизонтали разраба­тывают и наносят на план по примыкающим к развязке участкам улиц. За­тем проектируют горизонтали 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 веерообразный 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 линии, 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 ЗЕЛЕНЫХ 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

***Zy = Zкл + L in***,

где Zкл - проектная отметка красной линии в сечении данного угла; *in*- по­перечный уклон; L - расстояние от красной линии до здания. При опреде­лении красной отметки угла, исходя из проектной отметки лотка проезда, она будет равна:

***Zy= Zл + hб.к + iп ∙ (с + d),***

где **Z*л*** - проектная отметка лотка проезда; ***hб.к*** - высота бортового камня; ***iп*** - поперечный уклон; ***с*** - ширина тротуара; ***d*** - ширина зеленой полосы.

Определяя красные отметки отмостки 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 размешать 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 на­саждении 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 сходами.

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 QCym-m> м'/сут., определяется по формуле:



где qж - удельное водопотребление, л/с на 1 чел., принимаемое по табл. 2.1;

Nж - 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:

***Qсут. max = K сут. max Qсут. m***

***Qсут. min = K сут min Q сут. m,***

где ***K сут. max*** и ***K сут min*** – коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, максимальный и минимальный.

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…1,3 и ***K сут min*** = 0,7…0,9.

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

Удельные среднесуточные (за год) нормы водопотребления

Таблица 2.1

Расчетные часовые расходы воды (м3/ч) определяются по формулам:

***qч. max = K ч. max Qсут. mах/24***

***qч. min = K ч min Q сут. min/24***.

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления Кч опре­деляется из выражений:

***K ч. max = α max∙ β max ∙K ч min = α min ∙β min,***

где ***α*** – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия; принимается ***α max*** = 1,3…1,4; ***α min*** = 0,4…0,6; ***β*** – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте (табл. 2.2).

Таблица 2.2
Значения коэффициента β

|  |  |
| --- | --- |
| Коэф­фици­ент | Значения коэффициентов **β**, 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 |
| β max β min | 4,5 0,01 | 3,5 0,02 | 2,5 0,05 | 20,1 | 1,8 0.1 | 1,6 0.1 | 1,5 0,2 | 1,3 0,4 | 1,2 0,5 | 1,15 0,60 | 1,1 0,7 | 1,05 0,85 | 1,0 1,0 |

Расходы воды на поливку улиц, проездов, площадей и зеленых наса­ждении 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 м2 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 сут. пр. = q-M-n,

где q - норма расхода воды на производство единицы продукции, м3/т; М - 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 Нтр 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:

Нтр = НГ + Σh + Hf,,

где НГ - геометрическая высота расположения самого высокого (расчетно­го) водоразборного прибора над поверхностью земли у точки подключения домового ввода, м; Σh - сумма потерь напора воды на пути ее движения от точки подключения домового ввода до расчетного водоразборного прибо­ра, м вод. ст.; Hf - 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 Нсв 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:

Нсв = 4(п-1)+10,

где п — 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 помощь 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.

Инфилътрационные 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 потребителям. 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: постоян­ного, 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, 7-8и 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 Qmp, транспортирую­щийся по этой линии без раздачи по ходу движения воды, превышает пу­тевой расход Qnym (распределяющийся по зданиям в линии по ходу дви­жения воды), т.е. Qmp > Qnym; распределительными линиями называются такие, на которых Qnp< Qnym. Сопроводительные линии, выполняемые для распределения путевого расхода диаметром менее 300 мм, делаются па­раллельно магистральным при транзитном расходе не менее 80 % суммар­ного расхода Qcyм, т.е. при Qmp> 0,8 Qcyм. 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„ 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) hзал, принимается на 0,5 м больше расчетной глубины про­никновения нулевой температуры hп.

Теплотехнические расчеты проводятся и при известных глубинах промерзания. Они позволяют избегать 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, асбе-стоцементные, 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 предприятии 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 винипластовые 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/м3), 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 Dу 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 испытыва-ются 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 Dy = 300... 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 выдвижными и не выдвижными 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 рифленые 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° 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 0 150 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 растрескаются или уплотнятся.

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/м3.

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

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. (БПК5 и БПК20), для бытовых сточных вод БПК5 = 0,87 БПК20. Полное значение БПК должно определяться за 50... 100 сут. Однако по величине оно незна­чительно превышает БПК20 (на 1...2 %), поэтому на практике можно при­нимать БПКП0ЛН = БПК20. От одного человека за сутки поступает с бытовы­ми сточными водами 75 г органических загрязнений по БПКПОЛН. В освет­ленной воде (после отстаивания) БПКП0ЛН = 40 г/сут. на 1 человека, поль­зующегося канализацией. Концентрация органических загрязнений в неосветленных бытовых сточных водах по БПК20 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 БПКП0ЛН 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 БПКП0ЛН 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 подземкой 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.



S

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 - ливнеспуски; РК - разделительные камеры

При раздельной системе бытовая сеть (рис. 3.1,6), 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 Кч и суточной Ксут 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 Kgeп.max и мини­мальной Kgen.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.

Таблица 3.1

|  |  |
| --- | --- |
| Qcp, л/с | Значения коэффициентов обшей неравномерности при среднем расходе сточных вод с территорий, л/с |
| 5,0 | 10 | 20 | 50 | 100 | 300 | 500 | 1000 | >5000 |
| Kgen.max Kgen.min | 2,50,38 | 2,1 0,45 | 1,90,5 | 1,7 0,55 | 1,60,59 | 1,55 0,62 | 1,5 0,66 | 1,47 0,69 | 1,44 0,71 |

Значения коэффициентов общей неравномерности водоотведения



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 (м3/сут., м3/ч, л/с) определяют по фор­мулам:

среднесуточный

cреднечасовой

максимальный секундный

**,**

минимальный секундный

,

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 qyд,, л/с с 1 га, по формуле

где рн - 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 =qудF

и расчетный расход **q**р, л/с

q**р** = qmах = qудFKgen∙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

*,*

при > 8 л/с

где - нормативный расход сточных вод от прибора с наибольшим рас­ходом, л/с;

- 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 м3/ч) и коэффициенты часовой неравномерности Кхч =3, Кгч = 2,5. Суточный, максимально часовой и расчетный секундный расхо­ды определяются по формулам:

где Nx, NГ, Nх,**сm**, NГ**,cm**, - число рабочих в холодных горячих цехах соответ­ственно в сутки и в смену с наибольшим числом работающих;

*Т* - продолжительность смены, ч.

Расчетные расходы производственных сточных вод определяют по формулам: суточный Qnp, м3/сут

и секундный qnp, л/с

где М, Мсм - количество выпускаемой продукции соответственно в сутки и в смену с наибольшей производительностью;

- удельное водоотведение производственных вод;

**Т** - 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).

а)



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 трапецеидальной 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 БПК5 не должно превышать 2 или 4 г/м3, в зависимости от вида водоема. Величина рН (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 за­держать до 60...80 % нерастворенных загрязнений. Для задержания круп­ных веществ и отбросов (например, бумаги, тряпок и кухонных отбросов) 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 залах 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.

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 - илоуп-лотнители; 12 - компрессорная; 13 - дробилка; 14 - газгольдерная станция

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 удается. 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.



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 = ωv; (2.1)

 (2.2)

 (2.3)

**,**

v = c,

 (2.4)

где Q - расход сточных вол, м3/с; ω - площадь живого сечения, м2; v - и средняя скорость движения сточных вод, м/с; - гидравлический уклон (потери напора на единицу длины); R - гидравлический радиус, м; - ко­эффициент трения по длине водовода; g - ускорение силы тяжести, м/с2; С - коэффициент Шези; пi - коэффициент шероховатости: для самотечных коллекторов круглого сечения пi = 0,014, для напорных трубопроводов пi = 0,013; *i* - уклон трубы.

Показатель степени у может определяться по формуле академика Н.Н. Павловского:

; (2.5)

для приближенных расчетов

у ≈ 0,167.

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

 (2.6)

где - эквивалентная абсолютная шероховатость: а2- коэффициент, ха­рактеризующий неравномерность шероховатости и неоднородность струк­туры потока при разной скорости движения жидкости; Re - безразмерное число Рейнольдса:



 **ν** (2.7)

где **ν** - коэффициент кинематической вязкости, м2/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 сомоочищающими. 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 Imin мо­жет быть вычислен но 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

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 асбестоце-ментные 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 полнее о парамет­рах труб надо смотреть по техническим паспортам выпускаемых труб.

Керамические трубы канализационные изготовляют 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 изготовляют по ГОСТ 6482-88 диаметром 400...2400 мм, нормальной и повышенной прочности; бетонные безнапорные гладкие трубы изготовляют 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 изго­товляются 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).

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.

|  |  |
| --- | --- |
| 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 |

Таблица 3.3

Допустимые расстояния между линейными (смотровыми) колодцами

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.

 1-1

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 глубокозаложенный 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 (Н = *Z1 – Z2*). Значение Н должно соот­ветствовать потерям напора в дюкере, которые определяются по формуле:

 ,

где *i* - потери напора в трубах дюкера на 1 м погонной длины; *l* - длина дюкера, м; Σζ - сумма коэффициентов местных сопротивлений; *ν* - сред­няя скорость движения сточных вод в трубах дюкера, принимается не ме­нее 1 м/с; g - ускорение свободного падения, м/с2.

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 смешения сточных вод с водой водоема. Дож­девые воды и воды от ливнеотводов общесплавной канализации выпуска­ют через сосредоточенные выпуски берегового типа. Во всех же других случаях оголовок 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 внутри-домовой канализации выносятся газы, выделяемые при микробном разло­жении сточных вод в трубах внутри зданий, наружных коллекторах и в местах возможного застаивания 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 по-
верхностных вод по открытым лоткам до ближайшего дождеприемника,
далее вода попадает в уложенный в земле закрытый трубопровод и по не-
му 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:

**,**

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 Р - 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 раз- личными 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 = tконц + tл + tтр,***

где *t*конц - продолжительность протекания воды до уличного лотка, а при наличии дождеприемников в пределах квартала до уличного коллектора, мин; tл - продолжительность протекания по уличным лоткам до дождепри­емника (при отсутствии их в пределах квартала), мин; tтр - 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 Р, 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.

3J

1000

1200



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 населен-
ных пунктах и городах.

1. Канализационные насосные станции.
2. Сооружения в канализационных сетях.
3. 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 теплопотребляюшие здания, сооружения и промышленные уста­новки (рис. 4.1).

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.

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

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, нагретая 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 обуслов­ливается 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 теплопо-требляющих 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 (Т и Р);
* приготовления горячей воды с параметрами, требуемыми для сани-тарно-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 н 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 теплоис-пользующих 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 н 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 от­ветвляются 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;

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

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

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 Qо.max, Вт, оп­ределяется по формуле

Qomax = qо А,

где qо - укрупненный показатель максимального теплового потока на ото­пление зданий на 1 м2 общей площади, Вт, принимается по /6, 8/ в зависи­мости от года постройки и этажности или по табл. 4.1; А - суммарная пло­щадь помещений здания, м2, принимается как произведение площади этажа по наружным замерам на количество этажей.

Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

Qhmax = 2,4 Qh.m,

где Qh.m - средний тепловой поток на горячее водоснабжение в сутки, средний за неделю в отопительный период, в ваттах, определяемый по формуле

Qhm =qhm,

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

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

G = 3,6Qd/C(τ1- τ2),

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

τ1иτ2 - 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)

|  |  |
| --- | --- |
| Этаж-ность зданий | Укрупненный показатель максимального теплового потока,*qo,*Вт, при расчетной температуре наружного воздуха, ºС |
| -5 | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 | -35 | -40 | -45 | -50 | -55 |
| 1…23…45 и более | 1457465 | 1528067 | 1598670 | 1669173 | 1739781 | 17710185 | 18010389 | 18710995 | 194116100 | 200123102 | 208130108 |
| *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 Qd подается для отопления и горячего водоснабжения с температурой теплоносителя τ1 до 150° С. При этом

Qd = Qo.max + Qh.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.

|  |  |
| --- | --- |
| Средняя за ото­пительный пе­риод норма рас­хода горячей во­ды, л/сут на чел. | Укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение, qh, Вт, в жилых домах |
| с горячим водоснабже-нием (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 |

Таблица 4.2

Укрупненный показатель среднего теплового потока

 на горячее водоснабжение

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 (*П*), состав­ленные из затрат на перекачивание теплоносителя (*Сэ*), затрат, связанных с потерями теплоты (Стп), и затрат на строительство (Ктс) и эксплуатацию тепловой сети (*Стс*), будут минимальны, т.е.

П = Сз + Ст.п. +Ст.с. +ЕКт.с.,

где Е - коэффициент окупаемости.

Потери давления на трение (Па) определяются по формуле

где коэффициент трения, зависящий от режима движения жидкости коэффициента эквивалентной шероховатости трубопровода к;

l-длина участка тепловой сети, м; d - внутренний диаметр трубопро­вода, м; ν - скорость движения теплоносителя, м/с; р - плотность теплоно­сителя, кг/м3.

Потери давления на местное сопротивление (Па) вычисляются из уравнения

2



где - сумма коэффициентов местных сопротивлений участка.

Суммарные потери давления на участке определяются по нижепри­веденной формуле:

ΔР = ΔР1 + ΔРМ.

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, по­лупроходных 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) прокладыва­ется 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 траншее 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 асфаль-тоизола, 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.

а) б)



4

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

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

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 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 изольной массе или же из асбестоцементной штукатур­ки по металлической сетке и др. Теплопроводы, уложенные в непроходных каналах и тоннелях, защищаются рулонным стеклопластиком, армопласт-массовыми 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 трудного­рючих 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 м2 принимается не менее двух, а при площади более 6 м2- четырех. В камерах предусматриваются водо­сборные приямки 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

а) б)



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 защемлен­ных 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 ΔL, мм, рассчитываемого по формуле:

**ΔL = α L (t –tо)**,

где L - длина трубы, м; *t*, t0 - температуры теплоносителя и окружающей среды, α - 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 приямку. 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 (CH4), предельных углеводородов (Сn Н2n) и не­предельных углеводородов (СnН2n+2)). В сумме предельные и непредельные углеводороды называются тяжелыми углеводородами (ТУ). Водород (Н2) и оксид углерода (СО) в природных газах отсутствуют.

Балластные газы состоят из азота - N2, углекислого газа - СО2 и ки­слорода - О2.

Рассмотрим свойства горючих газов.

Метан (СН4) - горючий газ без цвета, запаха и вкуса. Не токсичен, но при большой концентрации в воздухе вызывает удушье. Низшая теплота сгорания Q = 35840, кДж/м3, плотность *ρ =* 0,717 кг/мЗ, молекулярная мас­са μ = 16 кг/кг - моль.

К тяжелым углеводородным газам, имеющим формулу (СnН2n+2) от­носятся: этан (С2Н6), пропан (C3H8), бутан (С4Н10). Все эти газы, как и ме­тан, не имеют цвета, запаха и вкуса, не токсичны. Физические свойства за­висят от величины молекулярной массы μ.

Чем больше μ, тем выше плотность тяжелых углеводородов, тем больше теплотворная способность (Q), тем больше требуется воздуха для сжигания 1 м3 тяжелых углеводородов.

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

Балластные газы. Азот (N2) - инертный газ, без цвета, запаха и вкуса. На долю азота в воздухе приходится 79 %. Диоксид углерода (СO2) является инертным газом со слегка кисловатым запахом и вкусом. Кислород (O2) - 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 м3 природного газа.

Сероводород - бесцветный газ, имеющий запах испорченных яиц, является ядом и оказывает раздражающее действие на дыхательные пути и глаза. Предельно допустимая концентрация H2S в воздухе помещений - 0,1 мг/л. H2S - коррозионно-агрессивный газ. Содержание H2S в природ­ном газе после очистки на газовых промыслах не должно превышать 2 г на 100 м3 природного газа.

 Содержание пыли не должно превышать 0,1 г на 100 мЗ природного газа.

Наибольшую ценность для газоснабжения населенных пунктов представляют природные газы, состоящие главным образом из углеводо­родов метанового ряда, имеющие теплоту сгорания 32...36 МДж/м3, плот­ность 0,73...0,75 кг/м3 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, коксогазовые и другие газы с теплотой сгорания 16 ...8 МДж/м3, плотность 0,45...0,5 кг/м3. Ко второй группе от­носятся генераторные и доменные газы, имеющие теплоту сгорания не ме­нее 5,5 МДж/м3 и плотность около 1 кг/м3.

**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 ризб. до
3000 Па;

б) газопроводы среднего давления, 3000 Па < ризб. < 0,3 МПа;

в) газопроводы высокого давления II категории, 0,3 < ризб. < 0,6 МПа;

г) газопроводы высокого давления I категории, 0,6 < ризб. < 1,2 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.



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 га-зорегуляторных 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, быстродействующие или емкостные водонагреватели). Ответвле­ния и дворовые разводки всегда рассматриваются как составная часть га­зооборудования 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 газо-воздушной 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; 5м- 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 Qhd м3/ч, определяется по сумме номинальных расходов газа газовыми приборами qпom, м3/ч, с учетом коэффициента одновремен­ности их действия Ksim по формуле

 m

где Σ - сумма произведений величин , и , от i до т, пi – число

 i=1

однотипных приборов или групп приборов; т - 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 м3/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, м3/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.

Контрольные вопросы

|  |  |
| --- | --- |
| **Число** квартир | Коэффициент Ksim в зависимости от устанавливаемого газового оборудования |
| **или** | плита | плита | плита |
| приборов | **4**-конфорочная | 2-конфорочная | **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 |

Таблица 5.1

Значения коэффициентов одновременности действия приборов

для жилых домов городов и поселков

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 водоэнергетические показатели ГЭС (гидроэлектростанций) и те­пловые графики нагрузки теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Характерным по­казателем графиков нагрузки является годовое число часов использования максимальной мощности Т, ч, равное

 Т = А/Ртах,

где А - годовая выработка электроэнергии, кВт∙ч; Ртах - максимальная на­грузка, кВт.

Среднесуточная нагрузка Рср определяется по формуле

Рср = Wсут /24,

где Wcym - выработка электроэнергии в течение суток, кВт∙ч. Плотность графика нагрузки *β* составляет:

***β*** = Рср / Ртах.

Вместо показателя *β* можно использовать аналогичное понятие - ко­эффициент нагрузки (коэффициент заполнения графика)

α ***= Т/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;

1. 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;
2. звено - распределительная сеть 6... 10 кВ. Ее питание осуществля­ется как от РТП, так и непосредственно от центров питания;
3. звено - трансформаторные подстанции распределительных сетей;
4. 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 рас­стояние 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 электро­снабжения 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**

4 -.5 6



Кабельные пинии 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 мас-лонаполненные 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*л* и Б*2л* либо с алюминиевой оболочкой и особо усиленны­-

ми (в сплошном влагостойком пластмассовом шланге) защитными по­кровами типов Бн и Бп.

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*л*, Бв - кабели бронированы стальными лентами с различной подушкой, Бн - 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 сооружении и отделяются огнеупорными перего­-

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

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 длинной стороной поперек трассы или без защиты, в местах, где земляные работы проводятся редко.



 охранная зона

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 мм2; сталеалюминиевые и биме­таллические 10 мм2; стальные многопроволочные - 25 мм2, стальные од-нопроволочные - диаметром 4 мм. Длина ответвления 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 грозовых перенапряже­ний. Заземления оборудуются на концевых опорах и промежуточных на расстоянии не более 100...200 м, в зависимости от числа грозовых 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)

- концевые опоры - устанавливаемые в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки;

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

- 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 не­проезжей 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 М и удельных норм расхо­да электроэнергии Wyd, кВт∙ч:

***W = Wуд ∙ М***.

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.

Жилой сектор

Освещение ……………………………………………………………...140

Приборы 240

Приготовление пищи …………………………………………………...70

Низкотемпературные процессы ……………………………………... 50

Общественный сектор

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 Руд, 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 Рж.эд., опреде­ляется выражением

Рж.эд**. = Ркв. + kн.max ∙ Рс,**

где Ркв - расчетная нагрузка от квартир, кВт, кн.тах - коэффициент несов­падения максимумов нагрузки от квартир и силовых электроприемников;

Рс - 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 Рр определяется суммой нагрузок *Рi* с учетом коэффициентов несовпадения максимумов кн.тах:

Рр = *Рн.б. + Σкн.max Pi*,

где *Рн.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 загруженных 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:

Ркв = Руд ∙ n,

где Руд - удельная расчетная нагрузка от квартиры, кВт; п - число квар­тир, обслуживаемых системой.

Расчетная нагрузка отдельных объектов низковольтной сети РР оп­ределяется, исходя из установленной мощности Руст и коэффициента спро­са кс, который представляет собой отношение расчетной потребляемой мощности Ртах к установленной мощности Руст электроприемников:

Рр = Руст ∙ **кс**.

 Значения кс 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° в тех случаях, когда пересекаются водные преграды, автомобильные дороги, трамвайные пути, отдельные здания и сооружения, и 60° 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, теплопроводов 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 н 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 дур-нопахнущих 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 (продавливание, горизон­тальное бурение или щитовая проходка).

Контрольные вопросы

1. Принципы трассировки инженерных сетей по улицам.

1. Допустимые расстояния от инженерных сетей до зданий и сооружений или их элементов.
2. Допустимые расстояния между инженерными коммуникациями при параллельной трассировке их.
3. 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.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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, ук­репленнойполосы обочины) | наружной бровки кювета или по­дошвы насыпи дороги | фундаментов опор воз­душных линий электропе­редачи напряжением |
| железных дорог колеи 1520 мм, но не менее глу­бины траншеи до подошвы на­сыпи и бров­ки выемки | железных дорог ко­леи 750мм 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 | — | — | — | — |

Таблица 8.1

Допустимые расстояния от инженерных коммуникаций до зданий и сооружений

|  |
| --- |
| 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 пнев-момусоропроводы | 2 | 1 | 3,8 | 2,8 | 1,5 |  | 1 | 3 | 5 |

 \* - с учетом требований по соответствующим нормативным документам

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Инженерные сети | Расстояния, м. по горизонтали (в свету) до |  |
| водо­про­вода | кана­лиза­ции быто­вой | дренажа и дож девойканали­зации | газопроводов давления, МПа | кабе­лей сило­вых всех напря­жений | кабе­лей связи | тепловых сетей | кана­лов, тон­нелей | наруж ных пнев-мому-соро-про-водов |
| низ кого до 0,005 | сред­него св. 0,005 до 0,3 | высокого | наруж­ная стенка канала, тоннеля | обо­лочка беска­наль­ной про­клад­ки |
| св. 0,3до 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 |

Таблица 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 пневмо-мусоро-проводы | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 |  |
| \* - с учетом требований соответствующих нормативных документов |

Продолжение табл. 8,2

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горохов В.А. и др. Инженерное благоустройство городских террито-
рий/ 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.

1. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений/ E.Н. Бухаркин, В.М. Овсянников, К.С. Орлов и др. - М: Высш. шк., 2001.-415 с.
2. Яковлев СВ., Ласков Ю.М. Канализация. - М.: Стройиздат, 1987. - 319с.
3. Сомов М.А. Водопроводные системы и сооружения. - М.: Строй­издат, 1988. - 399 с.
4. Прозоров И.В. Гидравлика, водоснабжение и канализация/ И.В. Про­зоров, Г.И. Николадзе, А.В. Минаев. - М.: Высш. шк., 1990. - 448 с.
5. Сладков А.В. Проектирование и строительство наружных сетей водоснабжения и канализации из пластмассовых труб. - М.: Стройиздат, 1988 - 207 с.
6. Тихомиров К.В., Сергеенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабже-ние и вентиляция. - М. Стройиздат, 1991. - 480 с.
7. Справочник по инженерному оборудованию жилых и обществен­ных зданий. - Киев: Будiвельник, 1989. - 360 с.
8. Авдолимов Е.М., Шальнов А.П. Водяные тепловые сети. - М.: Стройиздат, 1984. - 288 с.
9. Правила устройства электроустановок. - СПб: ДЕАН, 1999. - 926 с.
10. 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.

1. СНиП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий/ Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 1999.- 60 с.
2. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР. -М.: Стройиздат, 1985. - 136 с.
3. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР. - М. Стройиздат, 1985. - 72 с.
4. СНиП 2.04.05-91\* Отопление, вентиляция и кондиционирование/ Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 1999. - 72 с.
5. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети/ Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. - 48 с.
6. СНиП 2.04.08-87. Газоснабжение. Внутренние и наружные уст­ройства/ Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1988. - 62 с.
7. 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 х 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