Г.Н. Музалевская

ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ ГОРОДОВ И НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области строительства в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся по направлению
653500 «Строительство»



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва 2006

УДК 627.1.03
ББК 69

Рецензенты:

декан факультета транспорта и строительства,
заведующий кафедрой «Строительные конструкции и материалы»,
член-корреспондент РААСН, профессор,
доктор технических наук *Колчунов В.И.*;
заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция»
Курского технического университета,
профессор, доктор технических наук *Кобелев Н.С.*;
директор ГУП институт «Орелоблкоммунпроект» *Васютин В.М.*;
профессор кафедры «Водоснабжение» Московского государственного
строительного университета *Исаев В.Н.*.

Музалевская Г.Н.
Инженерные сети городов и населенных пунктов: Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 148 с.

ISBN 5-93093-424-X

В учебном пособии изложены вопросы, возникающие при проектировании систем водоснабжения, теплоснабжения, газоснабжения, газоснабжения. Приведен пример расчета водоснабжения города, состоящего из двух районов, систем теплоснабжения, систем газоснабжения и электроснабжения. Рассмотрены принципы размещения подземных сетей в городах и микрорайонах, размещения подземных сетей в плане и размещения инженерных сетей в вертикальной плоскости.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 290500 «Городское строительство и хозяйство» и направлению 550100 «Строительство», изучающих дисциплины «Городские подземные сети и коллекторы», «Городские инженерные сети и коллекторы», а также при выполнении дипломного проектирования по разделам инженерного оборудования городов, микрорайонов, поселков.

Полезно студентам средних строительных учебных заведений, специалистам проектных институтов и организаций, проектирующих городские инженерные сети.

ISBN 5-93093-424-X



© Издательство АСВ, 2006
© Г.Н. Музалевская, 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4
1. Водоснабжение 5
1.1. Системы и схемы водоснабжения. Выбор схемы и системы водоснабжения 5
1.2. Нормы и режим водопотребления 6
1.3. Свободные напоры в сетях водопровода 9
1.4. Классификация, назначение и роль водопроводных линий 10
1.5. Трассировка водопроводных линий 11
1.6. Этапы проектирования водопроводных линий 13
1.7. Водоснабжение населенного пункта 14
2. Канализация 47
2.1. Сточные воды и их классификация 47
2.2. Системы и схемы канализации 47
2.3. Нормы и режим водоотведения 53
2.4. Выбор схемы и системы канализации 55
2.5. Трассировка канализационных сетей 57
2.6. Проектирование канализационных сетей и сооружений на них 58
3. Теплоснабжение 61
3.1. Системы и схемы теплоснабжения 61
3.2. Классификация систем центрального теплоснабжения 63
3.3. Определение расчетных тепловых потоков 66
3.4. Трассировка тепловой сети 73
3.5. Проектирование систем теплоснабжения и тепловых сетей 75
3.6. Системы поквартирного теплоснабжения жилых зданий с использованием индивидуальных источников теплоты в условиях реконструкции и нового строительства 79
3.7. Автономное теплоэлектроснабжение 82
3.8. Поливалентные системы теплоснабжения 84
4. Газоснабжение 89
4.1. Газовые месторождения и основные магистральные газопроводы России. Горючие газы 89
4.2. Нормы и режим потребления газа 91
4.3. Системы газоснабжения 92
4.4. Трассировка сетей и размещение сооружений 98
4.5. Проектирование сетей газоснабжения 99
4.6. Выбор расчетной схемы сетей и расчетные нагрузки 104
5. Городские электрические сети 108
5.1. Источники и режимы электроснабжения 108
5.2. Схемы и устройство городских электрических сетей 109
6. Принципы размещения подземных сетей в городах и микрорайонах 112
6.1. Размещение подземных сетей в плане 112
6.2. Размещение инженерных сетей в вертикальной плоскости 115
6.3. Особенности обследования инженерных коммуникаций в старой жилой застройке 119
Приложение 1. 121
Приложение 2. 124
Приложение 3. 125
Приложение 4. 133
Приложение 5. 140
Приложение 6. 141
Приложение 7. 145
Литература 147

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие градостроительства характеризуется наличием определившихся основных элементов планировочной структуры городов: микрорайонов, жилых районов, жилых массивов, планировочных зон, а также города в целом. В настоящее время основными объектами строительства в городах являются многоэтажные жилые дома, оснащенные всеми видами инженерного оборудования и благоустройства. Инженерное оборудование, представляющее собой комплекс технических устройств, предназначено для обеспечения комфортных условий быта и трудовой деятельности населения, коммунальных и промышленных предприятий. Инженерное оборудование включает в себя системы водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения, электроснабжения, связи, освещения, санитарной очистки и других видов благоустройства. Благоустройство города есть совокупность мероприятий, обеспечивающих наилучшее сочетание производственных, культурно-бытовых и гигиенических условий для жизни и производственной деятельности населения. Поэтому при соответствующем технико-экономическом обосновании могут проектироваться региональные системы водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения и так далее с целью обеспечения инженерным оборудованием расположенных рядом городов и других населенных пунктов. Основная задача при проектировании — выбор источников водоснабжения, электроснабжения, теплоснабжения с учетом технологических, экологических, экономических и других требований и предпосылок для размещения строек в тех или иных районах с точки зрения проведения необходимых работ по развитию всех видов инженерных коммуникаций. Определить в связи с этим целесообразные размеры жилых массивов, районов и микрорайонов. Повышение качества строительства в современных социально-экономических условиях связано с поиском принципиально новых подходов при осуществлении проектно-строительной деятельности, внедрением новых экономических и ресурсосберегающих инженерных систем, новых технологий производства строительных материалов. Структурная перестройка производственной базы жилищного строительства ориентирована на внедрение новых эффективных технологий по выпуску конструкций, материалов и изделий, обеспечивающих энерго-, материало- и трудозатраты как в процессе производства, так и в период эксплуатации. Совершенно ясно и понятно, что повысить привлекательность территорий для реализации инвестиционных проектов жилищно-гражданского строительства поможет заблаговременно опережающая инженерная подготовка сетей водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения, электроснабжения, связи, освещения, санитарной очистки.

Приступая к проектированию инженерных сетей, студент должен изучить принципиальные направления в развитии инженерных коммуникаций, их взаимосвязи, а также связь с жилищным и культурно-бытовым строительством в общем комплексе градостроительства. Инженерные сети определяют эффективность капитальных вложений, поскольку на их строительство выделяется около одной трети всех средств, вкладываемых в застройку и реконструкцию городов.

Цель данного учебного пособия — ознакомить будущих инженеров-строителей с комплексом вопросов, связанных с устройством и проектированием систем водоснабжения и канализации населенных мест и промышленных предприятий, а также систем теплоснабжения, газоснабжения и электроснабжения.

Учебное пособие является развитием материала к главам учебников:

1. «Водоснабжение и канализация»: учебник для вузов /В.С. Кедров, П.П. Пальгунов, М.А. Сомов. — М.: Стройиздат,1984. — 288 с.: ил.
2. «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция»: учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1991.— 480 с.: ил.

1. ВОДОСНАБЖЕНИЕ

1.1. Системы и схемы водоснабжения
Выбор схемы и системы водоснабжения

Под системой водоснабжения подразумевают комплекс инженерных сооружений и установок, необходимых по техническим условиям, взаимосвязанных и предназначенных для забора воды, подъема и создания требуемого напора, очистки и подготовки, хранения и транспортировки к месту потребления. Система водоснабжения состоит из следующих основных элементов: водозаборных сооружений, насосных станций первого, второго, третьего подъема, станций подкачки, водонапорных башен или гидропневматических устройств, резервуаров чистой воды, водоводов, магистральных и разводящих сетей, охлаждающих устройств, трубопроводов с арматурой и КиП.

Выбор схемы и системы водоснабжения следует производить на основании сопоставления возможных вариантов ее осуществления с учетом особенностей объекта или группы объектов, требуемых расходов воды на различных этапах их развития, источников водоснабжения, требований к напорам, качеству воды и обеспеченности ее подачи. Для различных вариантов должны быть обоснованы:

- источники водоснабжения и их использование для тех или иных потребителей;
- степень централизации системы и целесообразность выделения локальных систем водоснабжения;
- объединение или разделение сооружений водоводов и сетей различного назначения;
- зонирование системы водоснабжения, использование регулирующих емкостей, применение станций регулирования и насосных станций подкачки;
- применение объединенных или локальных систем оборотного водоснабжения;
- использование отработанных вод одним из предприятий (цехом, установкой, технологической линией) для производственных нужд других предприятий (цехов, установок, технологических линий), а также для поливки территории и зеленых насаждений;
- использование очищенных производственных и бытовых сточных вод, а также аккумулированного поверхностного стока для производственного водоснабжения, орошения и обводнения водоемов;
- целесообразность организации замкнутых циклов или создания замкнутых систем водопользования.

Система водоснабжения населенных пунктов в зависимости от местных условий и принятой схемы водоснабжения должна обеспечивать:

- хозяйственно-питьевое водопотребление в жилых и общественных зданиях, нужды коммунально-бытовых предприятий;

– хозяйственно-питьевое водопотребление на предприятиях;
– производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий, где требуется вода питьевого качества или для которых экономически нецелесообразно сооружение отдельного водопровода;
– тушение пожаров;
– собственные нужды станций водоподготовки, промывку водопроводных и канализационных сетей.

При техническом обосновании допускается устройство самостоятельного водопровода для:

– поливки и мойки территорий (улиц, проездов, площадей, зеленых насаждений), работы фонтанов;
– поливки посадок в теплицах, парниках и на открытых участках, а также приусадебных участков.

Конкретные решения расположения всех сооружений и устройств системы водоснабжения, увязанные с планом населенного пункта и промышленного объекта и месторасположением основных сооружений на рельефе местности, называются схемой системы водоснабжения или схемой водоснабжения. В практике водоснабжения встречаются разнообразные схемы, начертание которых зависит от планировки населенного места и рельефа местности, рода и количества водопотребителей. Схемы водоснабжения выбирают, исходя из типа наружного водопровода, назначений зданий и ряда других требований (технологических, санитарно-гигиенических, противопожарных), а также технико-экономических расчетов. В процессе разработки проекта системы водоснабжения рассматриваются варианты различных решений и сравниваются строительные стоимости и эксплуатационные затраты.

1.2. Нормы и режим водопотребления

Начальным этапом проектирования водопровода является определение расходов воды (годовых, суточных, часовых, секундных) и установление режимов водопотребления. Эти нормы показывают расход воды в литрах на одного человека в сутки. Они учитывают все хозяйственно-бытовые нужды населения городов, поселков и промышленных предприятий. При наличии достаточно большого и устойчивого дебита воды в имеющихся водоисточниках 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 приложении 1 табл.1.1. В этой таблице отражены расходы воды в жилых и общественных зданиях. В состав общественных зданий 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.

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

$$Q_{сут.т} = q_{ж} N_{ж} / 1000, \qquad (1.1)$$

где $q_{ж}$ — удельное водопотребление, принимаемое по *приложению 1, табл. 1.1.*; $N_{ж}$ — расчетное число жителей в районе жилой застройки с различной степенью благоустройства.

Кроме среднего суточного расхода определению подлежат суточные расходы воды наибольшего и наименьшего водопотребления $Q_{сут.max}$, $Q_{сут.min}$ ($м^3$/сут).

$$Q_{сут.max} = K_{сут.max} Q_{сут.т}; \qquad (1.2)$$

$$Q_{сут.min} = K_{сут.min} Q_{сут.т}, \qquad (1.3)$$

где $K_{сут}$ — коэффициент суточной неравномерности водопотребления, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели, надлежит принимать:

$$K_{сут.max} = 1,1 \div 1,3; \quad K_{сут.min} = 0,7 \div 0,9.$$

Расчетные часовые расходы воды $q_{ч}$ ($м^3$/ч) определяются по формулам:

$$q_{ч.max} = K_{ч.max} Q_{сут.max} / 24, \qquad (1.4)$$

$$q_{ч.min} = K_{ч.min} Q_{сут.min} / 24. \qquad (1.5)$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления $K_ч$ определяется из выражений:

$$K_{ч.max} = б_{max} в_{max}, \quad (1.6)$$

$$K_{ч.min} = \alpha_{min} \beta_{min}. \quad (1.7)$$

где α — коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия; принимается

$$б_{max} = 1{,}2 \text{ ч } 1{,}4; \quad б_{min} = 0{,}4 \text{ ч } 0{,}6;$$

β — коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте (*прил. 1, табл. 1.2*).

Расходы воды на поливку в населенных пунктах и на территориях промышленных предприятий должны приниматься в зависимости от дорожных покрытий территорий, способа их поливки, вида зеленых насаждений и других условий (*прил. 1, табл. 1.3*). Расходы воды на производственные (технические) нужды промышленных предприятий определяются технологическим процессом каждого производства или типом установленного технологического оборудования и аппаратуры.

В общем, расход воды на производственные нужды определяется из выражения:

$$Q_{сут.пр.} = qMn, \quad (1.8)$$

где q — норма водопотребления на единицу продукции; M — число единиц продукции, выпускаемой за смену; n — число смен.

Одним из наиболее крупных производственных потребителей воды являются тепловые и дизельные электрические станции, а также технологические процессы, связанные с охлаждением оборудования.

Расход воды ($м^3/ч$) для удаления избытка тепла в этом случае равен:

$$Q_ч = AQ_т/(t_1 - t_2), \quad (1.9)$$

где A — коэффициент, определяющий количество тепла, отводимого 1 $м^3$ воды за 1 час при нагреве ее на 1°С; $A = 1/(4{,}19 \cdot 10^{-7})$ $м^{3o}С/(чДЖ)$; $Q_т$ — количество тепла, выделяемого оборудованием за 1 час, Дж.

Принцип нормирования расхода воды, предназначенной для пожаротушения, существенно отличается от принципа нормирования расходов воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. Отличие заключается в том, что этот расход не постоянен (он является случайным) и за короткие промежутки времени должно быть подано большое количество воды. Тушение водой пожаров (как наружных, так и внутренних) при современных средствах пожаротушения предусматривается с помощью водяных струй и завес, лафетных стволов, спринклерных и дренчерных систем.

Соответствующие устройства для забора воды и подачи ее на место возникновения пожаров предусматриваются на наружных водопроводных (пожарные гидранты) и внутренних сетях (пожарные краны).

Расчетные расходы воды на наружное пожаротушение и расчетное количество одновременных пожаров в населенных местах зависят от количества населения в городах и поселках и этажности городской застройки (*прил.1, табл.1.4, 1.5*).

Расчетные расходы воды на пожаротушение промышленных предприятий находятся в зависимости от степени огнестойкости зданий, категории производств по пожарной опасности и объема зданий (*прил.1, табл.1.6, 1.7*).

Расходы воды на пожаротушение для жилых, общественных зданий и для производственных предприятий приводятся в строительных нормах проектирования.

1.3. Свободные напоры в сетях водопровода

Водопроводная сеть должна обеспечивать подачу воды ко всем точкам ее потребления с небольшим свободным напором, измеряемым высотой столба над поверхностью земли.

Напор (м.вод.ст.) может быть вычислен по формуле:

$$H_{св.} = H_г + \sum h + h_и, \qquad (1.10)$$

где $H_г$ — геометрическая высота расположения самого высокого (расчетного) водоразборного прибора над поверхностью земли у точки подключения домового ввода (м.вод.ст.); $\sum h$ — сумма потерь напора воды на пути ее движения от точки подключения домового ввода до расчетного водоразборного прибора (м.вод.ст.); $h_и$ — напор, необходимый для излива расчетного расхода воды, принимаемый в зависимости от типа санитарного прибора (м.вод.ст.).

Минимальный свободный напор в сети водопровода населенного пункта при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание должен приниматься при одноэтажной застройке не менее 10 м.вод.ст., при большей этажности — на каждый этаж добавляется 4 м.вод.ст.

$$H_{св.} = 4(n-1) + 10, \qquad (1.11)$$

где n — число этажей.

Для отдельных высотных зданий или групп зданий, для которых напор 60 м.вод.ст. недостаточен, применяют местные установки, повышающие напор. Свободный напор у водоразборных колонок должен составлять не менее 10 м.вод.ст.

Максимальный свободный напор в сети объединенного водопровода (хозяйственно-питьевого и противопожарного) у водопотребителя не должен превышать 90 м.вод.ст. В случае превышения этого давления для от-

дельных зданий, сооружений или зон устанавливаются регуляторы давления или применяется зонирование систем водопровода. Для промышленных предприятий минимальный свободный напор принимается по данным технологов предприятия в зависимости от технологии производства и характера оборудования.

Для систем пожаротушения низкого давления, которые рекомендуются для населенных мест, минимальный свободный напор у пожарных гидрантов, устанавливаемых на сети, должен быть не менее 60 м.вод.ст. В случаях проектирования противопожарного водопровода высокого давления свободный напор должен обеспечивать высоту компактной струи высотой не менее 10 м на уровне наивысшей точки самого высокого здания при подаче воды по непрорезиненному рукаву длиной 120 м, диаметром 66 мм, со спрыском диаметром 19 мм и расчетным расходом воды 5 л/с.

1.4. Классификация, назначение и роль водопроводных линий

Водопроводная сеть представляет собой совокупность трубопроводов, по которым вода транспортируется потребителям. Она состоит из водоводов, магистральной сети и распределительных трубопроводов.

При проектировании учитываются технологические и экономические требования. Технологические требования определяются функциональным назначением водоводов и сетей в системе водоснабжения. К таким функциям относятся:

- связывание всех сооружений в единую систему водоснабжения;
- транспортирование воды потребителям;
- обеспечение надежности работы системы водоснабжения.

От правильного размещения водоводов и сетей, выбора диаметра трубопроводов и места установки различного вида арматуры зависят капитальные и эксплуатационные затраты, т.е. экономические показатели. При выборе трассы водоводов и сетей необходимо учитывать и требования гигиенического порядка. Водоводы состоят непосредственно из водоводов и перемычек. Сети по начертанию подразделяются на кольцевые и тупиковые. 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 диаметр подающего трубопровода равен или менее 100 мм;
- при подаче воды на противопожарные или хозяйственно-противопожарные нужды независимо от расхода воды на пожаротушение, если длина линий не превышает 200 м.

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

Количество водоводов выбирается с учетом технико-экономических расчетов, учитывающих стоимость и целесообразность мероприятий, необ-

ходимых для обеспечения бесперебойности работы системы водоснабжения. При прокладке водоводов в две и более линий, и при отключении одной из них оставшиеся линии должны обеспечивать подачу воды как на хозяйственно-питьевые нужды в объеме не менее 70% от расчетной потребности, так и на работу промышленных предприятий по аварийному графику. При проектировании одного водовода для обеспечения работы системы предусматриваются аварийные запасные емкости. Аварийный объем воды в них должен обеспечивать подачу воды на хозяйственно-питьевые нужды в размере 70% от расчетного среднечасового водопотребления, на производственные нужды по аварийному графику и расчетный объем воды на пожаротушение.

1.5. Трассировка водопроводных линий

Одной из основных задач проектирования водопроводных линий является выбор схемы водоводов и сетей, т.е. трассировка линий на местности. При трассировке решается задача увязки направления прокладки водоводов и сетей с рельефом и планировкой территории. Выбор трассы производится с учетом гидрологических, топографических, санитарно-гигиенических, экономических, технологических и других требований. Основными требованиями, диктующими выбор трассы водопроводных линий, являются:

- охват всех водопотребителей водопроводными линиями;
- наименьшая стоимость водоводов и водопроводной сети, поэтому подача воды должна осуществляться по кратчайшим направлениям, по возможности иметь минимальное количество искусственных сооружений;
- бесперебойная подача воды потребителям.

При проектировании водопроводных линий должна быть предусмотрена возможность перспективного развития. Очертание в плане любой сети зависит от следующих факторов:

- конфигурации снабжаемой водой территории;
- планировки объекта;
- мест расположения на плане наиболее крупных потребителей;
- рельефа местности;
- мест расположения используемых источников водоснабжения;
- наличия и расположения естественных и искусственных препятствий.

Особенностью проектирования городской водопроводной сети является выделение из массы водопроводных линий системы магистральных линий, на которую возлагается работа по транспортировке воды по территории города или микрорайона. 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 ма-

гистралями при изменении работы сети. Обычно число магистралей принимается из расчета расстояния между ними 300–600 м. Соответственно, расстояние между перемычками принимается 400–800 м.

В настоящее время в качестве основной формы застройки городов принята система жилых районов и микрорайонов. Такое решение позволяет рационально размещать сети водоснабжения.

Для снабжения водой микрорайонов предусматривается микрорайонная сеть, состоящая из ввода, соединяющего наружную водопроводную сеть со зданием центрального теплового пункта (ЦТП), и квартальной сети, транспортирующей воду от ЦТП к группам зданий или отдельным домам. При значительных размерах кварталов микрорайонная сеть обеспечивает и пожарные нужды, поэтому на ней размещаются пожарные гидранты на расстоянии не более 150 м друг от друга. Пожарные гидранты устанавливают в местах, удобных для подъезда пожарных машин, вдоль автомобильных дорог на расстоянии не более 2,5 м от края проезжей части, но не ближе 5 м от стен зданий. Расстановка пожарных гидрантов на квартальной сети должна обеспечивать пожаротушение любого обслуживаемого данной сетью здания, сооружения не менее чем от двух гидрантов.

Трассировка водопроводной сети микрорайона определяется в зависимости от характера объектов, планировки микрорайона, этажности застройки и размещения отдельных зданий, расположения внутриквартальных проездов, размещения зеленых насаждений и диаметра магистральных линий сети городского водопровода.

При трассировке водопроводных сетей на территории промышленных предприятий приходится учитывать ряд особенностей. Потребители воды на промышленных предприятиях предъявляют весьма разнообразные требования к качеству воды и напорам в подводящей воду сети. Кроме хозяйственно-питьевой системы на территории предприятия могут существовать самостоятельная противопожарная система и несколько систем производственного назначения. Сети производственного водопровода, не выполняющие противопожарных функций, могут быть кольцевыми, разветвленными и комбинированными в зависимости от требований к надежности подачи воды. Если расход воды непрерывен и перерывы в ее подаче недопустимы, то сети производственного водопровода проектируются кольцевыми. При периодическом потреблении и наличии запасных емкостей сети проектируют тупиковыми.

При устройстве оборотных систем водоснабжения в систему производственного водопровода включаются линии, отводящие отработанную нагретую воду к насосным станциям или охлаждающим устройствам. Эти линии работают в большинстве случаев как самотечные, что должно учитываться при их трассировке. Благодаря устройству оборотных систем водоснабжения можно значительно уменьшить спуск в водоем загрязненных промышленных сточных вод и тем самым уменьшить загрязнение водоемов. Ряд передовых предприятий, применяя комбинированные схемы водоснабжения (прямоточно-последовательные, оборотные и оборотно-последовательные), совершенно прекратили спуск в водоем загрязненных и сточных вод.

1.6. Этапы проектирования водопроводных линий

Расчет водоводов и водопроводных сетей производится в целях определения экономичных диаметров труб и потерь напора в трубопроводах при движении в них расчетного количества воды. Последнее требование необходимо при подборе насосов. Непосредственно проектиро-ванию водоводов и сетей предшествует изучение всех изыскательских материалов, определение расходов воды, выбор и расположение на местности элементов системы водоснабжения согласно СниП 2.04.02-84* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Полученные результаты на этом подготовительном этапе служат исходными данными для решения задач, связанных с проектированием водоводов и водопроводных сетей. Такими данными являются:

- состав водопотребителей и их требования к количеству воды и свободным напорам $H_{сн}$;
- расположение потребителей воды на плане объекта;
- расчетные расходы воды: максимальные, минимальные, среднегодовые (суточные, часовые, секундные);
- режим водопотребления;
- глубина заложения трубопроводов;
- противопожарные требования потребителей воды.

При наличии указанных данных начинается процесс проектирования водопроводных линий. Этот процесс может быть разделен на три этапа:

1. Подготовка сети к гидравлическому расчету

Этот этап сводится к выбору вида сетей, трассировке водоводов и сетей и составлению их расчетной схемы, выявлению сосредоточенных расходов, определению расчетных и проверочных расходов Q, распределению их по участкам, определению путевых $q_{пут}$, транзитных $Q_{тр}$ и узловых $q_{узл}$ расходов, выбору скоростей v, определению длин L, диаметров участков D и т.д.

2. Гидравлический расчет водопроводной сети

В результате расчета определяются потери напора на участках и свободные напоры в различных точках сети; по полученным Q и H производится подбор насосного оборудования и расчет напорно-регулирующих устройств, строятся пьезометрические графики при различных режимах работы водопроводных сооружений.

3. Конструирование и деталировка водоводов и сети

Эта часть проектирования выполняется после выбора материала и диаметра труб, размещения арматуры, колодцев и других сооружений на водопроводной сети.

1.7. Водоснабжение населенного пункта

1.7.1. Исходные данные для проектирования

Объектом водоснабжения в данном примере является город, состоящий из двух районов, расположенный в южной части страны. При проектировании системы водоснабжения необходимо учитывать особые климатические условия (более высокую температуру воздуха, особенно летнюю), малое количество осадков, которые обуславливают большие нормы водопотребления, чем в других районах страны (например, Центральном).

Общая площадь территории города составляет 279 га. Районы города отмечаются по площади: $F_1:F_2 = 2:3$, т.е.

$$F_1 = 112 \text{ га},$$

$$F_2 = 167 \text{ га}.$$

Плотность населения так же различна: $p_{ж1} = 360$ чел/га, $p_{ж2} = 280$ чел/га, что говорит о более плотном заселении первого района.

Этажность застройки следующая:

$$n_{э1} = 8;$$

$$n_{э2} = 6.$$

Территория города поливается водой. Причем $F_{пол}/F = 0{,}30$, а норма полива составляет 0,75 л/м^2 сут.

В городе имеется два промышленных предприятия, они расположены в разных районах. Здания районов города оборудованы внутренним водопроводом и канализацией:

– первый район — с централизованным горячим водоснабжением;

– второй район — с ванными и местными водонагревателями.

Что касается рельефа города, то он достаточно спокойный, но имеется значительный уклон к западу (к реке).

Рассмотрим основные физические, химические, бактериологические свойства воды природных источников, указывая их значение для различных потребителей и предъявляемые потребителями требования к отдельным качественным характеристикам воды.

К физическим свойствам воды относятся ее температура, мутность, привкус, запах. Температура воды поверхностных источников зависит от температуры воздуха, скорости движения воды и ряда других факторов (оптимальная температура 5–10° С). Под цветностью воды понимают ее окраску, она выражается в градусах цветности по платиново-кобальтовой шкале. Цветность не должна быть выше 20 градусов. В исключительных случаях, по согласованию с организациями санитарного надзора, может быть допущена цветность воды до 35 градусов.

Мутность определяется содержанием в воде взвешенных частиц и выражается в мг/л. Мутность воды поверхностных источников зависит от их вида и от времени года. Особенно велика мутность воды в период паводков.

Требование к качеству воды, подаваемой водопроводами для хозяйственно-питьевых нужд, регламентируется государственными стандартами. Согласно СаПиН 2.1.4.1074-01«Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», количество взвешенных веществ в воде, подаваемой водопроводами для хозяйственно-питьевых нужд централизованными водопроводами, не должно быть более 1,5 мг/л. Вода источников может иметь различные привкус и запах. Запахи бывают естественного и искусственного (вследствие сброса в водоем сточных вод) происхождения. Согласно СаПиН 2.1.4.1074-01, питьевая вода при температуре 20° С и при подогревании ее до 60° С не должна иметь запаха более 2 баллов и привкуса (при 20° С) более 2 баллов.

Химический состав природной воды может быть чрезвычайно разнообразен. В общих случаях для оценки воды с точки зрения использования имеют значения следующие показатели: плотный остаток, окисляемость, активная реакция, содержание железа, хлоридов, сульфатов, фтора и других.

Плотный остаток выражается в мг/л и характеризует общее содержание в воде органических и неорганических веществ.

Жесткость воды (мг-экв/л) определяется содержанием в ней солей кальция и магния. Общая жесткость воды, подаваемой водопроводами для хозяйственно-питьевых нужд, согласно СаПиН 2.1.4.1074-01, не должна превышать 7 мг-экв/л.

Щелочность воды (мг-экв/л) обуславливается присутствием в ней бикарбонатов, карбонатов, гидратов и солей других слабых кислот. Щелочность природной воды обычно равна ее карбонатной жесткости.

Окисляемость (мг/л) указывает на содержание в воде растворенных органических и некоторых легко окисляющихся неорганических веществ.

Активная реакция воды выражает степень щелочности или кислотности воды и характеризуется концентрацией в воде водородных ионов. Концентрацию водородных ионов обозначают через pH (потенциал водорода) и условно выражают логарифмом ее величины с обратным знаком. Соответственно для нейтральной реакции pH=7, для кислой pH<7, для щелочной pH>7.

Железо (мг/л) содержится в воде в виде двухвалентного или комплексных соединений трехвалентного железа.

Марганец (мг/л) в подземных водах чаще всего сопутствует железу в виде бикарбоната марганца.

Хлориды и сульфаты (мг/л) встречаются почти во всех природных водах чаще всего в виде кальциевых, магниевых и натриевых солей.

Йод и фтор (мг/л) чаще всего присутствуют в природных водах в ионной форме. Они имеют важное гигиеническое значение для здоровья людей.

Степень бактериологической загрязненности воды определяется числом бактерий, содержащихся в 1 мл воды, и коли-титром. Вода поверхност-

ных источников содержит бактерии, внесенные со сточными и стекающими дождевыми и талыми водами, от купающихся людей и животных. Согласно СаПиН 2.1.4.1074-01, питьевая вода не должна содержать более 100 бактерий в 1мл. Особую важность для санитарной оценки воды имеет определение бактерий группы кишечной палочки. Присутствие кишечной палочки свидетельствует о загрязнении воды фекальными стоками и, следовательно, о возможности попадания в нее болезнетворных бактерий, в частности бактерий брюшного тифа. Путем бактериологического анализа определяют число кишечных палочек в 1 л воды (так называемый коли-индекс) или наименьший объем воды, в котором еще обнаруживается кишечная палочка (коли-титр).

Для всех хозяйственно-питьевых систем согласно СаПиН 2.1.4.1074-01 для централизованного водоснабжения допускается содержание не более 3 кишечных палочек в 1л (коли-индекс).

В данном примере источником водоснабжения является река. Принимаем мутность воды в реке 100 мг/л, что говорит об обязательной ее очистке на очистных сооружениях.

Для того чтобы предотвратить загрязнение воды, в месте ее забора устраивают зону санитарной охраны, которая состоит из трех поясов.

Территория первого пояса ограждается (по поверхности воды – плавающими знаками). В пределах первого пояса запрещается проживание людей, все виды строительства, купание и водопой скота, его выпас, стирка белья, рубка леса, применение удобрений.

В пределах второго пояса нельзя размещать склады ядохимикатов, удобрений, горюче-смазочных веществ.

В третьем поясе нельзя производить сбросы отходов, ядохимикатов.

1.7.2. Обоснование принятой схемы системы водоснабжения

Систему водоснабжения городов выбирают на основании данных о водопотребителях, водопотреблении и сведениях об имеющихся источниках водоснабжения. Система водоснабжения населенного места должна обеспечивать получение воды из природных источников, ее очистку, если это необходимо, и передачу к месту потребления. Для выполнения этих задач служат следующие сооружения, входящие обычно в состав системы: а) водозаборные сооружения, с помощью которых осуществляют захват воды из природных источников; б) водоподъемные сооружения, т.е. насосные станции, подающие воду к местам ее очистки, хранения и потребления; в) сооружения для улучшения качества воды; г) водоводы и водопроводные сети, служащие для транспортирования воды к местам потребления и распределения; д) башни и резервуары, играющие роль регулирующих и запасных емкостей.

Выбор схемы системы водоснабжения населенного пункта прежде всего зависит от вида источника воды. В данном случае этим источником является река, протекающая вне территории города. Следовательно, наиболее оптимальным является использование системы водоснабжения с забором

воды из реки (поверхностного источника). Эта система является групповой, так как предназначена для обслуживания нескольких рядом расположенных объектов (город и два предприятия). Устройство этой системы водоснабжения позволяет сократить число очистных сооружений, насосных станций, водоводов, тем самым уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты.

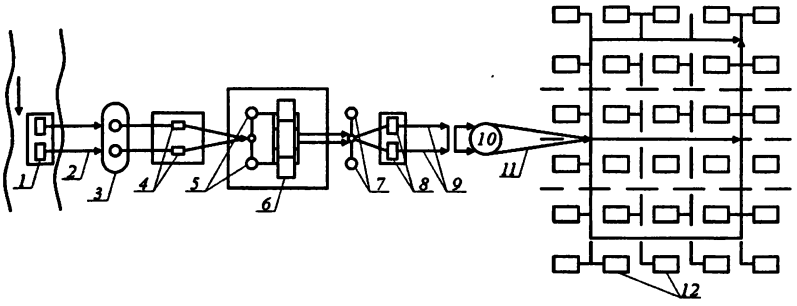


Рис.1.1. Схема системы водоснабжения с забором воды из реки:

1 — водоприемник; *2* — самотечная труба; *3* — береговой колодец; *4* — насосы станции первого подъема; *5* — отстойники; *6* — фильтры; *7* — запасные резервуары чистой воды; *8* — насосы станции второго подъема; *9* — магистральные водопроводы; *10* — водонапорная башня; *11* — магистральные трубопроводы; *12* — распределительные трубопроводы

Речная вода поступает в водозаборное сооружение, из которого насосами станции первого подъема подается на очистные сооружения. Очищенная вода поступает в резервуары чистой воды, откуда забирается насосами станции второго подъема для подачи по магистральным водопроводам и трубопроводам в водопроводную сеть, распределяющую воду по отдельным районам и кварталам населенного места.

Водозаборные сооружения (водозаборы) предназначены для забора расчетного расхода воды из источника, защиты системы водоснабжения от засорения и подачи воды в систему водоснабжения. Водозаборные сооружения для приема воды из поверхностных источников в зависимости от вида водоема бывают речные, водохранилищные, озерные и морские. По производительности водозаборы подразделяются: малые (< 1 $м^3/с$), средние (1–6 $м^3/с$) и большие (> 6 $м^3/с$).

На реках наибольшее распространение получили два типа водозаборов — береговые и русловые.

В примере используются водозаборные сооружения берегового типа, это объясняется сравнительно крутыми берегами реки. Они состоят из водоприемного берегового колодца и насосной станции первого подъема. Водозаборы совмещенного типа, как правило, оснащаются насосами марки Д и В и имеют производительность более 3 $м^3/с$.

Насосные станции обеспечивают транспортирование воды от сооружения к сооружению и ко всем потребителям. По своему назначению и расположению в общей схеме городского водопровода насосные станции подраз-

деляются на станции первого и второго (иногда третьего) подъема, повысительные станции (подкачки).

Станции водоподготовки предназначены для обработки природной воды перед подачей ее потребителям. Метод обработки воды, состав и расчетные параметры очистных сооружений, а также расчетные дозы реагентов устанавливают в зависимости от качества воды в источнике водоснабжения, назначения водопровода, производительности станции и местных условий. Наиболее распространенными методами очистки воды является осветление и обеззараживание.

Осветление может осуществляться отстаиванием воды в отстойниках, пропуском ее через взвешенный слой осадка в осветлителях и фильтрованием через зернистую загрузку в фильтрах. Для улучшения процесса отстаивания применяют коагулирование, т.е. вводят в воду химические реагенты (коагулянты), которые, взаимодействуя с мельчайшими коллоидными частицами, находящимися в воде, образуют агрегаты слипшихся частиц в виде хлопьев, быстро впадающих в осадок.

Обеззараживание воды осуществляют с целью уничтожения бактерий, главным образом, патогенных. Наиболее распространенными способами обеззараживания являются хлорирование и бактерицидное облучение. Иногда применяется специальная обработка воды (в основном подземных вод).

Таким образом, очистная станция (станция водоподготовки) представляет собой комплекс сооружений, в которых вода подвергается очистке, приобретая качества и свойства, необходимые потребителю.

Для получения воды питьевого качества при использовании поверхностных источников, как правило, необходимо осветление, обесцвечивание и обеззараживание воды.

В настоящее время наиболее распространены три технологические схемы осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды, этими схемами предусматриваются следующие сооружения.

Схема (*а*):

– смеситель;
– камера хлопьеобразования;
– горизонтальный отстойник;
– фильтры;
– резервуар чистой воды.

Схема (*б*):

– смеситель;
– осветлитель со взвешенным слоем осадка;
– фильтры;
– резервуар чистой воды.

Схема (*в*):

– смеситель;
– контактный осветлитель;
– резервуар чистой воды.

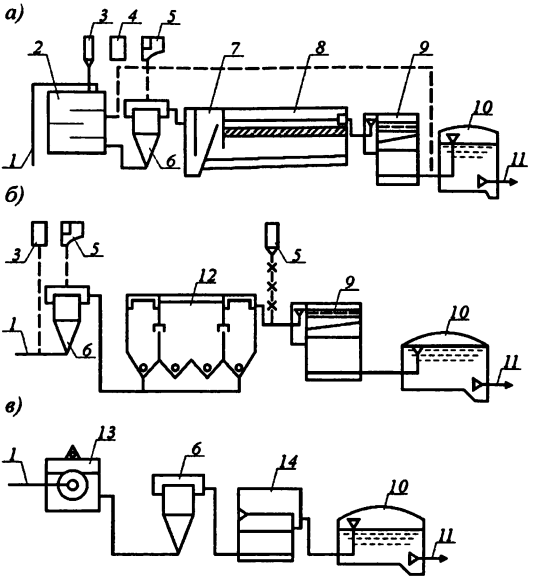


Рис.1.2. Реагентные технологические схемы улучшения качества воды с отстойниками (*а*), осветлителями со слоем взвешенного осадка (*б*), микрофильтрами и контактными осветлителями (*в*):
1, 11 — подача исходной воды отвод обработанной воды;
2 — контактная камера;
3 — установка для углевания и фторирования воды;
4 — хлораторная;
5 — баки коагулянта;
6 — вертикальный смеситель;
7 — камера хлопьеобразования;
8 — горизонтальный отстойник со встроенными тонкослойными модулями;
9 — скорый фильтр;
10 — резервуар чистой воды;
12 — осветлитель со слоем взвешенного осадка и его рециркуляцией;
13 — микрофильтр;
14 — контактный осветлитель КО-3.

Все три схемы предусматривают в составе станции водоподготовки наличие реагентного цеха. Из него в смеситель поступают реагенты для осуществления коагуляции.

Обеззараживание воды во всех трех схемах осуществляется путем ее хлорирования перед поступлением в резервуар чистой воды.

Станции водоподготовки с горизонтальными отстойниками имеют производительность, как правило, свыше 30000 $м^3$/сут и применяются для обработки исходной воды с мутностью до 1500 мг/л. При этом в большинстве случаев камеры хлопьеобразования предусматриваются встроенными в горизонтальный отстойник.

По второй схеме рекомендуется устраивать станции производительностью свыше 5000 $м^3$/сут при мутности исходной воды в пределах от 50 до 150 мг/л.

Станции водоподготовки по третьей схеме можно устраивать любой производительности. При этом исходная вода должна иметь мутность не более 120 мг/л.

Исходная вода во всех трех случаях должна характеризоваться цветностью до 120° С. Запасные и регулирующие емкости в системах водоснабжения предназначаются для хранения запасов воды, регулирования подачи и расхода воды, а также обеспечения необходимых напоров. В зависимости от места расположения в системе водоснабжения емкости могут выполнять одну или несколько функций. В системах водоснабжения населенных пунктов в качестве емкостей, как правило, применяют резервуары и водонапорные башни.

Водонапорная башня состоит из следующих основных элементов: водонапорного бака, поддерживающей конструкции ствола и утепляющего шатра вокруг бака. Водонапорные башни могут быть железобетонные, кирпичные, металлические и деревянные. Роль водонапорных башен могут выполнять пневматические водонапорно-регулирующие установки. Но из-за больших эксплутационных затрат их применяют редко.

Резервуары служат для хранения запасов воды и в зависимости от назначения могут быть расположены в различных местах системы водоснабжения. Резервуары сооружают преимущественно в целях:

1) приема и хранения воды поступающей от насосных станций первого подъема, фильтровальных станций или районных водопроводов и подаваемой далее насосными станциями второго подъема;
2) приема свежей воды, питающей системы оборотного водоснабжения;
3) хранения регулирующего объема воды и поддержания напора в сети;
4) хранения противопожарных и аварийных запасов воды.

Емкость резервуара зависит от его назначения и производительности систем водоснабжения. Резервуары выполняют преимущественно из железобетона круглой или прямоугольной формы в плане.

Для транспортирования воды от источников к объектам водоснабжения служат водоводы. Их выполняют из двух или более ниток трубопроводов, укладываемых параллельно друг другу. Для подачи воды непосредственно к местам ее потребления (жилым зданиям, цехам промышленных предприятий) служит водопроводная сеть.

По конфигурации в плане водопроводные сети подразделяются на кольцевые (замкнутые) и тупиковые (разветвленные). При трассировке линий водопроводной сети необходимо учитывать планировку объекта водоснабжения, размещение отдельных потребителей воды, рельеф местности и т.д. Тупиковые водопроводные сети выполняют для небольших объектов водоснабжения, допускающих перерывы в снабжении водой.

Кольцевые водопроводные сети выполняют при необходимости бесперебойного водоснабжения, что гарантируется в данном случае возможностью двустороннего питания водой любого потребителя. Протяженность и стоимость кольцевых сетей больше, чем тупиковых.

В городских и производственных водопроводах, как правило, применяют кольцевые сети благодаря их способности обеспечивать бесперебойную подачу воды. В противопожарных водопроводах устройство кольцевой сети обязательно.

В водопроводной сети различают магистральные (главные) и распределительные (второстепенные) линии. Расчет проводят только для магистральных линий. В кольцевых сетях устраивают также перемычки, предназначенные в основном для перераспределения воды между магистралями при аварии на одной из них.

В соответствии с указанием СНиП 2.04.02–84 (пункт 8,5) водопроводные сети должны устраиваться кольцевыми.

Тупиковые линии водопроводов допускается применять:

- для подачи воды на производственные нужды при перерыве на время ликвидации аварии;
- для подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды при диаметре труб не выше 100 мм;
- для подачи воды на противопожарные или хозяйственно-противопожарные нужды при длине линий не выше 200 м (независимо от расхода воды на пожаротушение).

Водоводы, как правило, должны прокладываться вблизи дорог с учетом границ землепользования и севооборотов. При этом для снижения напоров водоводы (а также магистральные линии сетей) в пределах трассы рекомендуется прокладывать по относительно возвышенным отметкам местности. Уклон водоводов и линий водопроводной сети должен быть не менее 0,001 по направлению к выпуску; при плоском рельефе местности уклон трубопроводов можно уменьшать до 0,0005.

Трубопроводы водопроводной сети следует прокладывать вдоль проездов прямолинейно, параллельно линиям застройки, по возможности вне бетонных и асфальтовых покрытий; пересечение проездов следует осуществлять под прямым углом.

Водопроводная сеть состоит из:

- труб;
- фасонных частей;
- арматуры.

Для устройства сети применяют следующие типы труб:

- чугунные, получили наиболее широкое использование (Ø 65–300 мм (ГОСТ 21053-75); (Ø 65–1200 мм (ГОСТ9583-75) для давления до 1 МПа). Их применение допускается для сетей в пределах населенных пунктов, территорий промышленных и сельскохозяйственных предприятий;
- стальные трубы применяют в исключительных случаях и при соответствующем технико-экономическом обосновании. Их устанавливают на участках с давлением более 1,2 МПа, а также под железной дорогой;
- асбестоцементные трубы диаметром до 500 мм применяют при рабочем давлении P_p = 0,6; 0,9; 1,2 МПа. Их преимущества состоят в следующем: прочность, стойкость к коррозии, небольшая масса, гладкие стенки. Недостаток заключается в их малой сопротивляемости ударам и динамическим нагрузкам;
- железобетонные трубы также применяют для устройства водопроводов (Ø 500–1600 мм). Они обладают коррозионной устойчивостью, являются диэлектриками, способны сохранять в условиях эксплуатации гладкую поверхность, что обеспечивает постоянство их пропускной способности, имеют меньшую металлоемкость и значительную долговечность. Но они имеют ряд недостатков: тяжелые, толстостенные;

– пластмассовые трубы имеют ряд преимуществ: небольшая масса, небольшое гидравлическое сопротивление, большая коррозионная стойкость, достаточная прочность, долговечность. В качестве недостатка этих труб следует отметить их большой коэффициент линейного расширения, подверженность старению, невысокое сопротивление раздавливанию. В настоящее для сетей хозяйственного водоснабжения разрешено применение труб из полиэтилена высокой (ПВП) и низкой (ПНП) плотности, полипропилена (ПП). Промышленность выпускает трубы из ПВП (ГОСТ 18599-73) и ПНП с диаметром условного прохода Ø10–150 мм, P_p = 0,6; 0,9; 1,2 МПа.

Для нормативной эксплуатации водопроводной сети на ней устанавливают следующую арматуру: запорно-регулирующую (задвижки, вентили), водозаборную (водозаборные колонки, краны, пожарные гидранты), предохранительную (предохранительные клапаны и воздушные вантузы).

Задвижки служат для регулирования распределения расходов воды по сети и отключения участков сети для осмотра и ремонта. Применяемые в практике задвижки подразделяют на параллельные и клиновые (16), оба типа могут быть с выдвижным и не выдвижным шпинделем.

Для забора воды из сети с целью пожаротушения применяют гидранты, они бывают подземные и наружные. Гидранты устанавливают в смотровых колодцах на фасонных частях (пожарных подставках). Расстояние между гидрантами на сети должно быть не более 100 м. Скопление воздуха в водопроводной сети нарушает ее работу. Для выпуска воздуха в возвышенных точках сети устанавливают вантузы.

В пониженных местах сети устанавливают выпуски, представляющие собой патрубки, примыкающие к нижней части труб. На выпусках устанавливают вентили. Выпуски служат для опорожнения труб и отвода воды при промывке.

На водопроводной сети устанавливают также предохранительные клапаны, исключающие повышение давления сверхдопустимого, обратные клапаны допускающие движение воды только в одном направлении и редукционные клапаны, служащие для понижения давления на отдельных участках сети.

Основными сооружениями на водопроводной сети являются:

– смотровые колодцы;
– переходы под железными и автомобильными дорогами;
– дюкеры (переходы под реками);
– надземные переходы.

Для пересечения автомобильных или железных дорог трубопроводы, как правило, должны прокладываться по мостам или в трубах под насыпями.

При невозможности или нецелесообразности использования этих сооружений, трубы размещаются в футлярах с установкой задвижек по обе стороны от перехода.

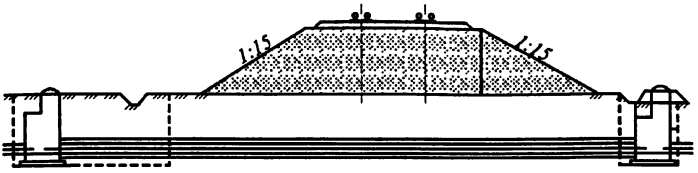


Рис. 1.3. Переход водопроводом в футляре под железнодорожными путями

Глубина заложения водопроводных труб зависит от глубины промерзания грунта, температуры воды в трубах и режима ее подачи.

Глубина заложения труб должна быть больше расчетной глубины промерзания грунта: при $d \leq 300$ мм на $d + 0{,}2$ м; при $d \leq 600$ мм на $0{,}3d$; при $d > 600$ мм на $0{,}5d$.

Ориентировочно глубину заложения труб можно принять: в северных районах 3–3,5 м; в средней полосе 2,5–3 м; в южных районах 1–1,5 м.

1.7.3. Выбор режимов потребления и подачи воды

1.7.3.1. Определение расчетных расходов воды

Размеры отдельных сооружений, число и мощность насосов, объем напорно-регулирующих емкостей, диаметр труб в системе водоснабжения определяют исходя из заданных нагрузок для этих элементов.

Нагрузки представляют собой расчетные количества воды, которые эти элементы должны подавать или транспортировать в единицу времени, аккумулировать или хранить.

Нагрузку того или иного элемента рассчитывают исходя из общего количества воды, подаваемой системой водоснабжения и режима работы этого элемента.

Общий расход воды, подаваемой системой водоснабжения, находится в результате учета всех видов водопотребителей. К этим потребителям относятся:

- население, потребляющее воду для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд;
- промышленные предприятия, использующие воду в технологических процессах, для санитарно-гигиенических, питьевых и хозяйственных нужд;
- жилищно-коммунальные предприятия, потребляющие воду на мойку улиц и площадей, также на поливку зеленных насаждений;
- предприятия местной промышленности;
- служба пожаротушения.

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

$$Q_{сут.т} = \sum q_{ж} N_{ж} / 1000, \qquad (1.12)$$

где $q_{ж}$ — удельное водопотребление (норма), л/(сут. чел); $N_{ж}$ – расчетное число жителей с различной степенью благоустройства, чел.

Значение величины $N_{ж}$ (чел) определяется по выражению:

$$N_{ж}=\rho_{ж} F, \tag{1.13}$$

где $\rho_{ж}$ — плотность населения в отдельных районах населенного пункта, чел./га; F – площадь территории отдельных районов населенного пункта, га.

$F_{общ.}$ = 279 га;

F_1: F_2 = 2:3 – по заданию, следовательно

F_1 = 112 га;

F_2 = 167 га.

Плотность населения известна по заданию:

$\rho_{ж1}$ = 360 чел/га;

$\rho_{ж2}$ = 280 чел/га;

Число жителей каждого района вычисляется по формуле (1.13).

$N_{ж}$= 112 · 360 = 40320 чел;

$N_{ж}$= 167 · 280 = 46780 чел.

Удельное водопотребление (норма), л/сут.чел. принимается по СНиП 2.04.02 – 84.

q_1= 340 л/сут.чел.;

q_1= 220 л/сут.чел.

Расчетный суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды определяется по (1.12):

$Q_{1\ сут.т.}$ = 340 · 40320/1000 = 13708,8 м^3/сут.;

$Q_{2\ сут.т.}$ = 220 · 46760/1000 = 10287,2 м^3/сут.;

$Q_{2\ сут.т.общ.}$ = 23996 м^3/сут.

Для проектирования системы водоснабжения сведений о среднесуточном водопотреблении мало. Система должна обеспечивать потребности населения в любой момент времени, в том числе и в сутки максимального водопотребления.

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления следует определять по формулам:

$$Q_{сут.max.} = K_{сут.max.} Q_{сут.т}; \tag{1.14}$$

$$Q_{сут.min.} = K_{сут.min.} Q_{сут.т}. \tag{1.15}$$

где $K_{сут}$ — коэффициент суточной неравномерности водопотребления, определяется по СНиП 2.04.02 – 84.

$$K_{сут.max.} = 1,2;$$

$$K_{сут.min.} = 0,8.$$

$$Q_{1сут.max.} = 1,2 \cdot 13708,8 = 16450,56 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{1сут.min.} = 0,8 \cdot 13708,8 = 10967,04 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{2сут.max.} = 1,2 \cdot 10287,2 = 12344,6 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{1сут.min.} = 0,8 \cdot 10287,2 = 8229,76 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{сут\ max.общ.} = 28795,2 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{сут\ min.общ.} = 19196,8 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Результаты расчетов заносим в *табл. 1.*

Таблица 1

Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды населения

Районы города	Площадь района, F, га	Плотность населения, $\rho_{ж}$, чел/га	Расчетное число жителей, $N_{ж}$, чел.	Норма водопотребления $q_{ж}$, л/чел,. сут	Коэффициенты суточной неравномерности		Суточные расходы воды, м³/сут.		
					$K_{сут.max}$	$K_{сут.min}$	$Q_{сут.т}$	$Q_{сут.max}$	$Q_{сут.min}$
1	112	360	40320	340	1,2	0,8	13708,8	16450,56	10967,04
2	167	280	46760	220	1,2	0,8	10287,2	12344,64	8229,76
всего	279		87080				23996,0	28795,2	19196,8

Расчетные часовые расходы воды необходимо определять по формулам:

$$q_{ч.max.} = K_{ч.max} Q_{сут.max.}/24, \qquad (1.16)$$

$$q_{ч.min.} = K_{ч.min.} Q_{сут.min.}/24. \qquad (1.17)$$

где $K_{ч.}$ – коэффициент часовой неравномерности, определяется по выражениям:

$$K_{ч.max.} = б_{max.} в_{max.},$$

$$K_{ч.min.} = б_{min.} в_{min.}.$$

где $б_{min.} = 1,2 - 1,4$, $в_{max.} = 1,15/1,16$;

$б_{min.} = 0,4 - 0,6$, $в_{min.} = 0,6/0,7$.

Тогда

$$K_{ч.max.} = 1,38,$$

$$K_{ч.min.} = 0,24.$$

Находим часовые расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды населения для каждого района:

$$q_{1ч.max} = 1,38 \cdot 16450,56/24 = 945,91 м^3/ч,$$

$$q_{1ч.min.} = 0,24 \cdot 10967,04/24 = 109,67 м^3/ч,$$

$$q_{1ч.max} = 1,38 \cdot 16450,56/24 = 945,91 м^3/ч,$$

$$q_{2ч.min.} = 0,24 \cdot 8229,76/24 = 82,30 м^3/ч,$$

$$Q_{ч.max.общ.} = 1655,73 м^3/ч,$$

$$Q_{ч.min.общ.} = 191,97 м^3/ч.$$

Расход воды на поливку улиц, проездов, площадей и зеленых насаждений в населенных пунктах и на территории промышленных предприятий определятся с использованием норм, приведенных в СНиП 2.04.02-84.

$$Q_{сут.пол.} = 10 q_{пол.} F_{пол.}, \qquad (1.18)$$

где $q_{пол.}$ – норма расхода воды на поливку, л/сут.м^3; $F_{пол.}$ – поливаемая площадь, га.

$q_{пол}$ и $F_{пол.}$ принимаются по заданию.

$$q_{пол.} = 0,75;$$

$$F_{пол.} = 0,3F_{общ} = 0,3 \cdot 279 = 83,7 \text{ га},$$

тогда

$$Q_{сут.пол.} = 10 \cdot 0,75 \cdot 83,7 = 627,75 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$F_{пол.1} = 33,6 \text{ га}; \; Q_{сут.пол.1} = 252 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$F_{пол.2} = 50,1 \text{ га}; \; Q_{сут.пол.2} = 375,75 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Расход воды на нужды предприятий местной промышленности принимается следующим образом:

$$Q_{сут.м.п.} = \alpha Q_{сут.max.}, \qquad (1.19)$$

где α – коэффициент, принимаем, $\alpha = 0,1$, тогда:

$$Q_{сут.м.п.} = 0,1 \cdot 28795,2 = 2879,52 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{сут.м.п.1} = 0,1 \cdot 16450,56 = 1645 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{сут.м.п.2} = 0,1 \cdot 12344,64 = 1234,46 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Расход воды на нужды промышленных предприятий определяется следующим образом:

$$Q_{сут.п.п.1} = 0,02Q_{сут.max.1}, \qquad (1.20)$$

$$Q_{сут.п.п.2} = 0,12Q_{сут.max.2}, \qquad (1.21)$$

$$Q_{сут.п.п.1} = 0,02 \cdot 16450,56 = 329 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{сут.п.п.2} = 0,12 \cdot 12344,64 = 1481,36 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{сут.п.п.общ.} = 1810,36 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Приняв режим водопотребления, осуществляется затем распределение суточных расходов воды по часам суток. Результаты расчетов заносятся в *табл. 2.*

Таблица 2

Распределение расходов воды по часам суток

Часы суток	Хозяйственно-питьевое водопотребление		Расход воды на полив, $q_{н.пол.}$, м^3/ч	Расход воды из нужд местной промышленности, $q_{м.н.}$,м^3/ч	Расход воды промышленными предприятиями $q_{п.п.}$,м^3/ч		Суммарные часовые расходы	
	в% $Q_{сут.\ max.}$	$q_{ч.}$, м^3/ч			№1	№2	$q^{S}_{ч.}$, м^3/ч	в% $Q^{S}_{сут.max}$
0-1	2,5	*719,88*	26,156	119,98	13,71	61,72	*941,44*	2,76
1-2	2,65	*765,07*	26,156	119,98	13,71	61,72	*984,64*	2,89
2-3	2,2	*633,49*	26,156	119,98	13,71	61,72	*855,06*	2,51
3-4	2,25	*647,89*	26,156	119,98	13,71	61,72	*869,46*	2,55
4-5	3,2	*921,45*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1143,02*	3,35
5-6	3,9	*1123,01*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1344,57*	3,94
6-7	4,5	*1295,78*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1517,34*	4,45
7-8	5,1	*1468,55*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1690,12*	4,95
8-9	5,35	*1540,54*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1762,10*	5,17
9-10	5,85	*1684,52*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1906,08*	5,59
10-11	5,35	*1540,55*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1762,11*	5,17
11-12	5,25	*1511,76*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1733,34*	5,08
12-13	4,6	*1324,58*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1546,15*	4,53
13-14	4,4	*1266,99*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1488,56*	4,36
14-15	4,6	*1324,58*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1546,15*	4,53
15-16	4,6	*1324,58*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1546,15*	4,53
16-17	4,9	*1410,97*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1632,53*	4,79
17-18	4,8	*1382,17*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1603,74*	4,70
18-19	4,7	*1359,37*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1574,94*	4,62
19-20	4,5	*1295,78*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1517,35*	4,45
20-21	4,4	*1266,99*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1488,55*	4,36
21-22	4,2	*1209,40*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1430,96*	4,19
22-23	3,7	*1065,42*	26,156	119,98	13,71	61,72	*1286,98*	3,77
23-24	2,5	*719,88*	26,156	119,98	13,71	61,72	*941,44*	2,76
всего	100%	*28795,2*	627,75	2879,52	329	1481,96	*34112,77*	100%

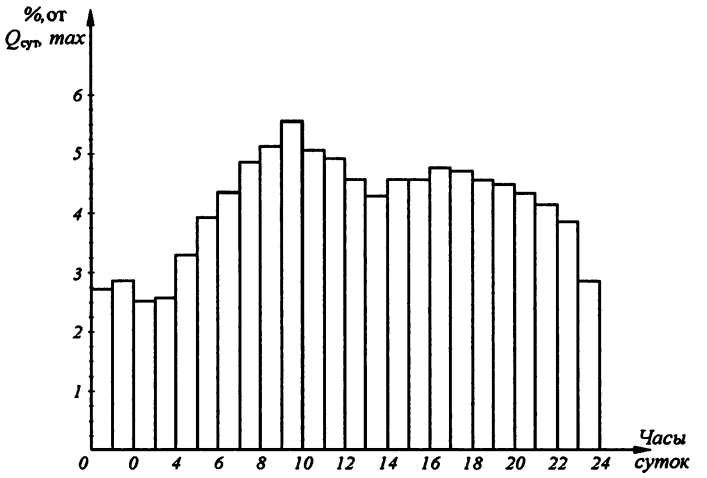


Рис.1.4. График водопотребления населенного пункта

1.7.3.2. Выбор режимов работы отдельных сооружений системы водоснабжения

При назначении режимов работы необходимо иметь в виду, что все сооружения системы водоснабжения должны быть рассчитаны на работу в сутки максимального водопотребления (при $Q^{S}_{сут.max}$). Режим работы водоприемных сооружений, насосной станции первого подъема и станции водоподготовки назначается равномерным. Для насосных станций второго подъема принимается ступенчатый график работы. Режим работы водоводов определяется режимом работы насосных станций.

1.7.4. Гидравлический расчет водопроводной сети и водоводов

1.7.4.1. Определение узловых расходов воды

Целью выполнения гидравлического расчета водопроводной сети и водоводов является определение экономически наиболее выгодных диаметров труб и потерь напора в этих трубах.

При расчете водопроводной сети предполагается, что промышленным предприятиям вода подается в виде сосредоточенных расходов, а в городах для хозяйственно-питьевых целей — равномерно по длине магистральных линий. Равномерно распределяемый (путевой) расход воды, приходящийся на один метр длинны линии, называют удельным расходом и определяют по формуле:

$$q_{уд.} = q^{S}_{ч.max.} - \sum q_{соср.} / 3{,}6 \sum l, \qquad (1.22)$$

где $q^{S}_{ч.max.}$ — максимальный часовой расход воды, отбираемой всеми потребителями из сети, м^3/ч (принимается по табл. *2, колонка 8*); $q_{соср.}$ — сосредоточенные расходы воды, отбираемые на нужды промышленных пред-

приятий, м^3/ч; $q_{соср.} = q_{ч.п.п.}$ (принимается по *табл. 2, колонки 6, 7*); l – длинна участков, образующих магистральную сеть, м.

$$q_{уд.} = 1906{,}086 - 75{,}43/3{,}6 \cdot 10270 = 0{,}0495 л/с .$$

Тогда расход воды, отдаваемой каждым участком сети (путевой расход), определяется по формуле:

$$q_{п.} = q_{уд.} \cdot l, \qquad (1.23)$$

где $q_{уд.}$ – удельный расход, л/с; l – длинна участка, водопроводной сети, м.

Результаты расчета путевых расходов на участках сети заносятся в *табл. 3.*

Таблица 3

Путевые расходы

Номер участка	Длина участка, l, м	Путевой расход, $q_п$, л/с
1–2	520	30,69
2–3	380	18,810
1–4	550	27,225
4–5	560	27,720
2–5	550	27,225
3–6	510	25,245
5–6	320	15,840
6–9	310	15,345
5–8	440	21,780
4–7	550	27,225
7–8	520	25,740
8–9	330	16,335
7–10	510	25,245
8–11	480	29,760
9–12	430	21,285
10–11	480	23,760
11–12	400	19,800
10–13	500	24,750
11–14	500	24,750
12–15	500	24,750
13–14	430	21,285
14–15	400	19,800
всего	10270	508,365

Фиктивные узловые расходы определяются по формуле:

$$q_i = \sum q_{n.i.k.}/2, \qquad (1.24)$$

где $\sum q_{n.i.k.}$ — сумма путевых расходов на участках, примыкающих к узлу i, л/с.

Результаты расчетов узловых расходов заносятся в табл. 4, а также на расчетную схему сети.

Таблица 4

Узловые расходы

Номер узла	Номер участков, примыкающих к узлу	$\sum l_{i.k.}$, м	$\sum q_{n.i.k.}$, л/с	q_i, л/с
1	1–2; 1–4;	1170	57,92	28,96
2	1–2; 2–3; 2–5;	1550	76,73	38,37
3	2–3; 3–6;	890	44,06	22,03
4	1–4; 4–5; 4–7;	1660	82,17	41,08
5	2–5; 4–5; 5–8; 5–6;	1670	92,57	46,29
6	3–6; 5–6; 6–9;	1140	56,43	28,22
7	4–7; 7–10; 7–8;	1580	78,21	39,11
8	5–8; 8–9; 7–8; 8–11;	1770	87,62	43,81
9	6–9; 8–9; 9–12;	1070	52,97	26,49
10	7–11; 10–11; 10–13;	1490	73,76	26,88
11	10–11; 8–11; 11–12; 11–14;	1860	92,10	46,05
12	9–12; 11–12; 12–15;	1330	65,84	32,92
13	10–13; 13–14;	930	46,04	23,02
14	13–14; 11–14; 14–15;	1330	65,84	32,02
15	14–15; 12 – 15;	900	44,56	22,28
		итого	1017	508,43

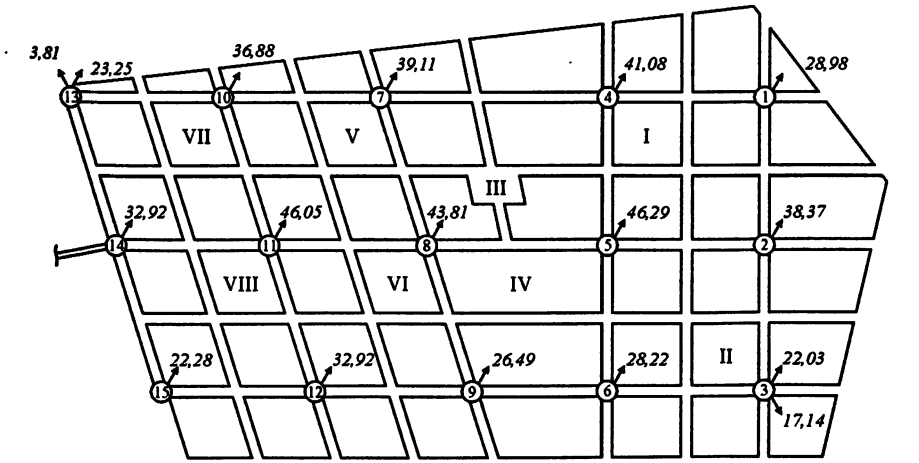


Рис.1.5. Схема системы водоснабжения города

1.7.4.2. Предварительное потокораспределение в кольцевой сети

Предварительное потокораспределение служит для определения диаметров труб на участках сети. При назначении расходов воды на участках сети должно учитываться требование обеспечения бесперебойности подачи воды потребителям. Для этого воду от места присоединения водоводов к сети необходимо распределять по основным магистральным линиям примерно равными потоками.

Предварительное потокораспределение осуществляется с соблюдением баланса расходов воды в узлах сети (первого закона Кирхгофа):

$$\sum q_{i.k} + q_i = 0, \qquad (1.25)$$

где $q_{i.k}$ — расход воды по участкам сети, л/с (принимаются в результате предварительного потокораспределения);q_i — фиктивные узловые расходы, определяемые по формуле (1.24); i — номер рассматриваемого узла сети; k — номер соседнего узла по отношению к узлу 1.

Результаты назначения расходов воды по участкам сети заносятся в *табл. 6.*

Значения расходов и их направление указываются также на расчетной схеме сети.

1.7.4.3. Определение диаметров труб

Значения экономически более выгодных диаметров труб можно определить по таблицам предельных расходов, вычислив предварительно предельный расход. При этом определяются сразу стандартные значения этих диаметров.

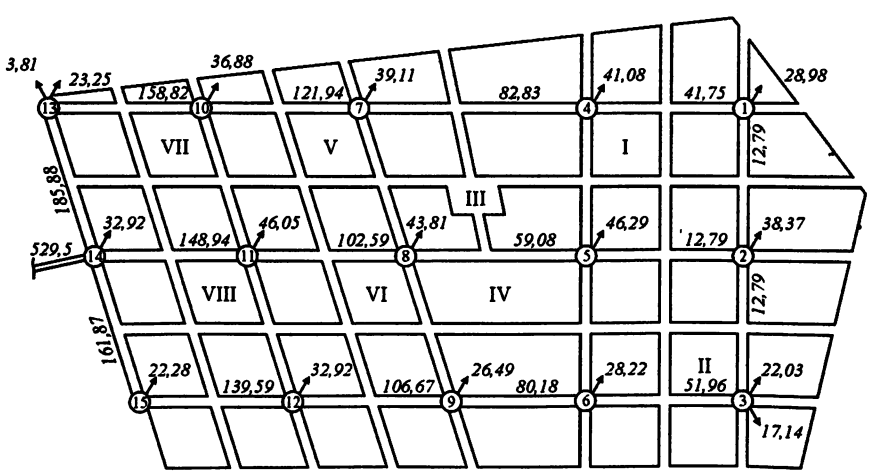


Рис.1.6. Схема системы водоснабжения города

Приведенный расход на участке определяется следующим образом:

$$q_{np.i.k.} = \left(Э/Э_m \cdot q_c \cdot x_{i.k.}/q_{i.k.}\right)^{1/1+\beta} q_{i.k.}, \qquad (1.26)$$

где $Э_m$ — экономический фактор, принятый при составлении таблицы предельных расходов (в примере имеем $Э/Э_т = 1$); Э — экономический фактор (для южных районов Э=1); β — показатель степени (для чугунных труб $\beta = 2$); q_c — полный (суммарный) расход воды, поступающей в сеть, м^3/ч; $x_{i.k.}$ – коэффициент, показывающий какая доля воды от общего расхода транспортируется по данному участку сети, $x_{i.k.} = 1$; $q_{i.k.}$ — расходы воды по участкам сети, л/с (принимаются в результате предварительного потокораспределения).

Скорость движения воды в трубах рассматриваемого участка определяется из формулы:

$$q_{i.k.} = pd^2_{i.k.}/4v_{i.k}, \qquad (1.27)$$

$$v_{i.k} = 4q_{i.k.}/pd^2_{i.k.}$$

Диаметры труб определяются по таблицам. Диаметр перемычек обычно принимается на один порядок ниже диаметра труб на соответствующих участках магистралей. Данные вычислений заносим в *табл. 5*.

Таблица 5

Определение диаметров труб на участках сети

Номер участка	$q_{i.k.}$, л/с	$x_{i.k.}$	$q_c \cdot x_{i.k.}/q_{i.k.}$	$\left(q_c \cdot x_{i.k.}/q_{i.k.}\right)^{1/1+\beta}$	$q_{np.i.k.}$, л/с	d_y, мм
1	2	3	4	5	6	7
1–2	12,79	0,33	13,662	2,370	30,31	200
2–3	12,79	0,33	13,662	2,370	30,31	200
1–4	41,75	0,33	4,185	1,604	66,97	300
4–5	–	–	–	–	–	350
2–5	12,79	0,33	13,662	2,370	30,31	200
3–6	51,96	0,33	3,363	1,492	77,52	350
5–6	–	–	–	–	–	300
6–9	80,18	0,33	2,179	1,293	103,67	350
5–8	59,08	0,33	2,958	1,430	84,48	350
4–7	82,83	0,33	2,110	1,279	105,94	400
7–8	–	–	–	–	–	400
8–9	–	–	–	–	–	350
7–10	121,94	0,33	1,433	1,126	137,30	450
8–11	102,89	0,33	1,698	1,191	122,54	400
9–12	106,67	0,33	1,638	1,177	125,55	400

1	2	3	4	5	6	7
10–11	–	–	–	–	–	400
11–12	–	–	–	–	–	400
10–13	158,82	0,33	1,100	1,032	163,90	450
11–14	148,94	0,33	1,173	1,054	156,98	450
12–15	139,59	0,33	1,252	1,077	150,34	450
13–14	185,88	0,33	0,940	0,980	182,16	500
14–15	161,87	0,33	1,079	1,025	165,92	450

1.7.4.4. Определение потерь напора в трубах системы водоснабжения

Вода потребителям должна подаваться в требуемом количестве и под требуемым напором. Полный напор H — это удельная механическая энергия, которой обладает жидкость в данном сечении потока относительно некоторой плоскости сравнения.

При движении реальной жидкости в трубопроводах имеют место потери ее механической энергии. Эти потери энергии связаны с наличием трения и местных сопротивлений по длине потока жидкости. К местным сопротивлениям относятся колена, тройники, задвижки, вентили и т.д.

В общем случае потерю напора на любом участке трубопровода можно представить следующим образом:

$$h = h_l + \sum h_м, \tag{1.28}$$

где h_l — потеря напора на трение, м; $\sum h_м$ — сумма местных потерь напора на участке, м.

В инженерных расчетах $\sum h_м = 0$, так как обычно $h_l >> \sum h_м$.

Для облегчения и ускорения процесса расчета потерь напора в трубах используются табл. *[9]*.

Для расчета потерь напора на участках кольцевой сети при ее внутренней гидравлической увязке пользуются формулой:

$$h_{i.i.k.} = S_{o.i.k.} l_{i.k.} y q_{i.k.}^2 = S_{i.k.} y q_{i.k.}^2, \tag{1.29}$$

где $S_{o.i.k.}$ — удельное сопротивление (гидравлическое) участка сети, с^2/м^6 (принимается по *табл. [9]*); $S_{i.k.}$ – полное гидравлическое сопротивление участка сети, с^2/м^6.

$$S_{i.k.} = S_{o.i.k.} l_{i.k.}, \tag{1.30}$$

где σ — поправочный коэффициент на поквадратичность зависимости потерь напора от скорости, принимается по табл. *[9]*.

1.7.4.5. Внутренняя увязка кольцевой сети

Как известно, при действительном распределении воды по участкам сети одновременно соблюдаются первый и второй законы Кирхгофа.

Первый — это уравнение баланса расходов воды в узлах сети.

Второй — это уравнение баланса потерь напора в элементарных кольцах сети:

$$\sum h_{i.k.} = \sum S_{i.k} y q^2_{i.k.} = 0, \qquad (1.31)$$

где $\sum S_{i.k} y q_{i.k.}$ — то же что в формуле (1.29).

При проведении начального потокораспределения первый закон Кирхгофа соблюдается, так как он лежит в основе первичного распределения воды по участкам магистральной сети. Но практически невозможно сразу назначить такие значения расходов воды по участкам сети, при которых бы соблюдалось уравнение (1.29).

По этому задачей внутренней увязки сети является такое перераспределение расходов воды по участкам сети, при котором бы одновременно удовлетворялись оба уравнения Кирхгофа.

В инженерной практике для выполнения внутренней увязки кольцевой сети широко используется приближенный метод Лобачева-Кресса. При этом истинные расходы $q_{i.k.}$ находятся путем добавки поправочных (контурных) расходов $Дq_{i.k.}$ к предварительно намеченным расходам $q^o_{i.k.}$ (то есть $q_{i.k.} = q^o_{i.k.} + Дq_{i.}$).

Значение истинных расходов на участках того или иного кольца, получаются, как правило, после двух – трех последовательных приближений. Значения поправочных (контурных) расходов для отдельных колец сети определяются по формуле:

$$Дq_{i.} = Дh_{i.} / 2\sum (S_{i.k} y q_{i.k.}) \qquad (1.32)$$

где $Дh_{i.}$ — невязка потерь напора в кольце при первоначально принятых расходах; $h_{i.k.}, S_{i.k.}, y, q_{i.k.}$ — то же, что в формуле (1.29); i — порядковый номер кольца.

Величины неувязок не должны превышать ± 0,5 м по отдельным кольцам и ± 1,5 м по объемлющему контуру сети.

Результаты расчетов по увязке сети занесены в *табл. 6.*

Таблица 6

Внутренняя гидравлическая увязка кольцевой сети

Номер кольца	Номер участка	l, м	Предварительное распределение расходов							
			q, л/с	d, мм	v, м/с	$S_o \times 10^6$	σ	$S = S_o \cdot l \cdot y$	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
I	1–2	620	12,79	200	0,407	8,092	1,20	0,00602	0,0769	+ 0,985
	1–4	550	41,75	300	0,591	0,9485	0,60	0,000313	0,0131	+0,546
	2–5	550	12,79	200	0,407	8,092	1,20	0,00534	0,0683	-0,874
	4–5	560	–	350	0,200	0,4365	1,41	0,0003446	0	0
$Дq = Дh/2\sum S \cdot q$				$Дq$ =-2,076			$\sum S \cdot q$ =0,1583		$Дh$ = +0,657	
II	2–3	380	12,79	200	0,407	8,092	1,20	0,00369	0,0472	-0,604
	3–6	510	51.96	350	0,540	0,4365	1,13	0,000252	0,0131	-0,680
	2–5	550	12,79	200	0,540	8,095	1,20	0,00503	0,0643	+0,823
	5–6	320	–	300	0,200	0,9485	1,41	0,00428	0	0
$Дq$ =+1,849							$\sum S \cdot q$ =0,1246		$Дh$ =-0,461	
III	4–7	550	82.83	400	0,659	0,2189	1,10	0,0001325	0,0110	+0,904
	4–5	560	–	350	0,200	0, 4365	1,41	0,0003446	0	0
	5–8	440	59.08	350	0,614	0,4365	1,12	0,0002141	0,0126	-0,747
	7–8	520	–	400	0,200	0,2189	1,41	0,0001604	0	0
$Дq$ =-3,423							$\sum S \cdot q$ =0,0236		$Дh$ =+0,162	
IV	5–8	440	59.08	350	0,614	0,4365	1,12	0,0002141	0,0126	+0,747
	5–6	320	–	300	0,200	0,9485	1,41	0,0004279	0	0
	6–9	310	80.18	350	0,834	0,4365	1,05	0,000142	0,0114	-0,913
	8–9	330	–	350	0,200	0,4365	1,41	0,0002031	0	0
$Дq$ =+3,453							$\sum S \cdot q$ =0,0240		$Дh$ =-0,166	
V	7–10	510	121.94	450	0,767	0,1186	1,07	0,0000647	0,0079	+0,962
	7–8	520	–	400	0,200	0,2189	1,41	0,0001604	0	0
	8–11	480	102.89	400	0,643	0,2189	1,10	0,0001156	0,0119	-1,224
	10-11	480	–	400	0,200	0,2189	1,41	0,0001481	0	0
$Дq$ =+6,623							$\sum S \cdot q$ =0,0198		$Дh$ =-0,262	
VI	8–9	330	–	350	0,200	0,4365	1,41	0,0002031	0	0
	8–11	480	102.89	400	0,643	0,2189	1,10	0,0001056	0,0119	+1,224
	9–12	430	106.67	400	0,849	0,2189	1,05	0,0000988	0,0150	-1,124
	11-12	400	–	400	0,200	0,2189	1,41	0,0001234	0	0
$Дq$ =-2,233							$\sum S \cdot q$ =0,0224		$Дh$ =+0,1	
VII	10-11	480	–	400	0,200	0,2189	1,41	0,0001481	0	0
	10 –13	500	158.82	450	0,999	0,1186	1,03	0,0000611	0,0097	+0,647
	11 –14	500	148.94	450	0,936	0,1186	1,04	0,000062	0,0093	-1,375
	13 –14	490	185.88	500	0,947	0,0678	1,04	0,0000303	0,0057	+1,047
$Дq$ =-6,457							$\sum S \cdot q$ =0,0247		$Дh$ =+0,319	
III	11–14	500	148.94	450	0,937	0,1186	1,04	0,0000616	0,0091	+1,366
	11–12	400	–	400	0,200	0,2189	1,41	0,0001234	0	+0
	12–15	500	139.59	450	0,848	0,1186	1,05	0,0000623	0,0087	-1,214
	14–15	400	161.87	450	1,018	0,1186	1,03	0,0000490	0,0079	-1,2839
$Дq$ =+21,95							$\sum S \cdot q$ =0,02579		$Дh$ =-1,131	

Окончание таблицы 6

Первое исправление				Поправка за счет изменения скорости			
Δq, л/с	q_1, л/с	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$, м	ν	σ'	σ'/σ	$h = S \cdot q^2 \cdot \sigma'/\sigma$
-2,076	10,714	0,065	+0,691	0,3412	1,25	1,042	+0,72
-2,076	39,674	0,0124	+0,493	0,5616	1,125	1,875	+0,929
+2,076 +1,849	16,75	0,0892	-1,492	0,5323	1,14	0,95	-1,417
+2,076 -3,429	-1,353	0,00046	-0,0006308	0,0140	1,41	1	-0,00063
Δh = -0,309				Δh = +0,22637			
-1,849	10,991	0,0404	-0,441	0,3484	1,24	1,03	-0,455
-1,849	50,111	0,0126	-0,633	0,5211	1,145	1,01	-0,639
+1,849 +2,076	16,715	0,0840	+1,406	0,5323	1,14	0,95	+1,417
+1,849 -3,453	-1,604	0,0007	+0,001	0,0227			+0,0011
Δh = +0,332				Δh = +0,3241			
-3,429	79,401	0,0105	+0,8354	0,6322	1,107	1,01	+0,8435
-3,429 +2,076	-1,353	0,0005	+0,0006	0,0140	1,41	1,00	+0,0006
+3,429 -3,453	65,962	0,0135	-0,9316	0,6860	1,086	0,97	-0,9053
-3,429	-10,052	0,0016	+0,0162	0,0800	1,41	1,00	+0,0162
-6,623							
Δh = 0,0962				Δh = 0,04296			
+3,453 -3,429	65,962	0,0135	+0,9316	0,6860	1,086	0,97	+0,9033
-3,453 +1,849	-1,604	0,0007	-0,00110	0,0227	1,41	1,00	-0,0011
-3,453	76,727	0,0109	-0,8366	0,7979	1,05	1,00	-0,8400
+3,453 +2,233	5,686	0,0008	+0,0045	0,0591	1,41	1,00	+0,0066
Δh = +0,0985				Δh = +0,0688			
+6,623	128,563	0,0083	+1,0693	0,8088	1,06	0,99	+1,058
-6,623 -3,429	-10,052	0,0016	-0,0162	0,0800	1,41	1,00	-0,0162
-6,623 -2,233	94,034	0,0109	-1,0222	0,7487	1,07	0,97	-0,9900
+6,623 +6,457	10,080	0,0019	+0,0253	0,1041	1,54	1,09	+0,0280
Δh = +0,0563				Δh = +0,07979			
+2,233	5,686	0,0019	-0,0066	0,0591	1,41	1,00	-0,0066
-3,459	94,03	0,0109	+0,0222	0,7487	1,07	0,970	+0,990
-2,233 -6,623	108,90	0,0108	-1,1718	0,8671	1,045	0,995	-1,166
+2,233	24,183	0,0030	-0,0722	0,1925	1,45	1,030	-0,074
+2,233 +21,95							
Δh = 0,228				Δh = 0,2566			
+6,457 +6,623	13,080	0,0019	-0,0253	0,1041	1,540	1,09	-0,028
-6,457	152,36	0,0093	+1,4184	0,9585	1,035	1,01	+1,446
+6,457+21,5	177,34	0,0109	-1,9500	1,1157	1,015	0,98	-1,910
-6,457	179,42	0,0054	+0,9754	0,9143	1,040	1,00	+0,975
Δh = +0,4184				Δh = +0,483			
+21,95 +6,457	177,34724,1	0,0109	+1,9374	1,1157	1,015	0,98	+0,910
+21,95 +2,233	8	0,0030	+0,07216	0,1925	1,450	1,03	+0,074
+21,95	117,64	0,0073	-0,8622	0,7401	1,070	1,02	-0,879
+21,95	139,94	0,0069	-0,9596	0,8804	1,045	1,015	-0,973
Δh = +0,1878				Δh = +0,132			

1.7.5. Определение напоров в узловых точках сети

1.7.5.1. Построение пьезометрических линий

Напор, необходимый в узлах сети для снабжения потребителей водой, обычно называется свободным (гарантийным) напором ($H_{св}$). Свободный напор в сети водопровода населенного пункта при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание должен приниматься следующим образом:

$$H_{св.} = 10 + 4(n_э - 1), \tag{1.33}$$

где $n_э$ — число этажей в здании.

$$H_{св.} = 10 + 4(8 - 1) = 38\ м;$$

$$H_{св.} = 10 + 4(6 - 1) = 30\ м.$$

Берем свободный напор — 38 *м*.

Требуемое значение расчетного напора, которое необходимо обеспечить в начале сети, определяют применительно к расчетному направлению движения воды.

Чтобы иметь необходимое представление о соотношении напоров в различных точках системы водоснабжения, необходимо построить пьезометрические линии по выбранному расчетному направлению.

Пьезометрический напор представляет собой сумму геодезической отметки (Z) рассматриваемой точки и свободного напора ($H_{св}$) в ней:

$$П = Z + H_{св.} \tag{1.34}$$

Требуемая высота водонапорной башни, расположенной в начале сети, определяется по выражению:

$$H_{б.} = H_{св.} + h_{вв.} + \sum hc - (Z_{б.} - Z), \tag{1.35}$$

где $H_{св}$ – требуемый свободный напор в выбранной критической точки сети, м; $h_{вв}$ — потеря напора в водоводах, соединяющих водонапорную башню с сетью, м (определяется с помощью *табл. [9]*); $\sum hc$ — потери напора на участках сети по расчетному направлению, м; $Z_{б.}$ — отметка поверхности земли в месте расположения башни, м (принимаются по генплану города); Z — отметка поверхности земли в месте расположения критической точки, м.

Напор, развиваемый насосной станцией второго подъема, определяется из условия возможности подачи воды на отметку максимального уровня воды в баке водонапорной башни:

$$H_H = (Z_{б.} - Z_H) + (H_{б.} + H_o) + h_{вв}, \tag{1.36}$$

где $Z_б$ — отметка поверхности земли в месте расположения башни; Z_H — отметка уровня воды в резервуарах чистой воды, м; H_o — расчетная

высота бака башни, м; $h_{вв}$ — потеря воды в водоводах, соединяющих насосную станцию второго подъема с водонапорной башней (определяется по *табл. [9]).*

$$\sum hc = 0{,}45 + 1{,}417 + 0{,}9033 + 0.99 + 1{,}91 = 5{,}67\ м.$$

$$h_{вв} = i \cdot l,$$

где i — длина участка сети, м.

По *табл. [9]* $1000i = 4{,}72$, тогда

$$h_{вв} = i \cdot l = 4{,}72/1000 \cdot 200 = 0{,}944\ м,$$

$$H_{б.} = 38 + 0{,}944 + 5{,}67 - (58{,}5 - 48{,}5) = 34{,}62\ м,$$

$$H_{св.i} = H_{б.} - h_{вв.} - \sum hc + (Z_б - Z_i),$$

$$H_{св.3} = 34{,}65 - 0{,}944 - 5{,}67 + (58{,}5 - 48{,}5) = 38\ м,$$

$$H_{св.2} = 34{,}62 - 0{,}944 - (5{,}67 - 0{,}455) + (58{,}5 - 48) = 38{,}96\ м,$$

$$H_{св.5} = 34{,}62 - 0{,}944 - (5{,}22 - 1{,}41) + (58{,}5 - 50{,}2) = 38{,}17\ м,$$

$$H_{св.8} = 34{,}62 - 0{,}944 - (3{,}80 - 0{,}90) + (58{,}5 - 52{,}2) = 37{,}08\ м,$$

$$H_{св.8} = 34{,}62 - 0{,}944 - (2{,}9 - 0{,}99) + (58{,}5 - 54) = 36{,}27\ м,$$

$$H_{св.14} = 34{,}62 - 0{,}944 - (0{,}99 - 1{,}91) + (58{,}5 - 57{,}5) = 35{,}59\ м,$$

$$H_{св.б.} = 34{,}62 - 0{,}944 + 0{,}92 + (58{,}5 - 58{,}5) = 34{,}61\ м.$$

Данные вычислений приведены в *табл. 7.*

Таблица 7

Определение свободных напоров

Номер узловой точки	Отметка, м		Свободный напор, $H_{св.i.}$
	Поверхности земли (геодезическая), Z_i	Пьезометрическая	
3	48,5	86,5	38
2	48	87	39
5	50,2	88,4	38,2
8	50,2	89,2	37
11	54	90,3	36,3
14	57,5	93,1	35,6
б	58,5	93,1	34,61

1.7.6. Подбор отдельных сооружений системы водоснабжения

1.7.6.1. Подбор водозаборных сооружений

Водозаборные сооружения берегового типа используют обычно при относительно крутых берегах и наличии у берега достаточных глубин, обеспечивающих требуемые условия забора воды.

Пропускная способность водозаборного сооружения определяется по формуле:

$$q_{ч\,т} = Q^{S}_{сут\,max}/24 = 0{,}0417 \cdot Q^{S}_{сут.max}$$

$$q_{ч.т.} = 0{,}0417 \cdot 28745{,}2 = 1200{,}76\,м^3/ч$$

Напор, развиваемый насосной станцией первого подъема, определяется по выражению:

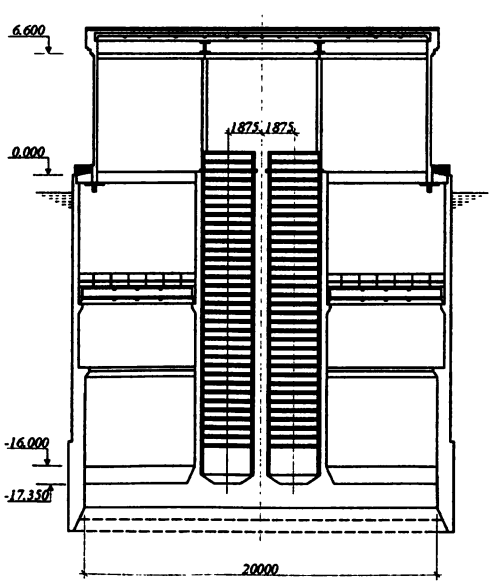
$$H_H = (Z_{ос.} - Z_{рк.}) + h_{вв.}, \qquad (1.37)$$

где $Z_{рк.}$ — отметка уровня воды в реке, м; $Z_{ос.}$ — отметка уровня воды в очистных сооружениях, м; $h_{вв.}$ — потеря напора во всасывающих и напорных трубопроводах насосной станции.

$$H_H = (56 - 47 + 5) + 1{,}416 = 15{,}42\,м,$$

$$h_{вв} = i \cdot l = 4{,}72/1000 \cdot 300 = 1{,}42\,м.$$

Ниже показано совмещенное с насосной станцией водозаборное сооружение берегового типа пропускной способностью 5 – 6 м/с, амплитуда колебания уровня воды до 10 м.



Подземная часть водозабора представляет собой круглый в плане колодец из монолитного железобетона. Вода попадает в водозабор через окна, оборудованные решетками, проходит, вращающиеся сетки с лобовым подводом воды и попадает в приемное отделение, расположенное в центральной части и разделенное на две секции.

Рис.1.7.1. Водозаборное сооружение берегового типа, совмещенное с насосной станцией

1.7.6.2. Подбор станции водоподготовки

Качество воды природных источников, так же как и требования, которые предъявляются к качеству воды, используемой различными потребителями, весьма разнообразны. Оценка качества воды природного источника с точки зрения потребителей позволяет решить вопрос о возможности его использования для данного объекта, а также установить необходимость и характер обработки воды на водопроводных сооружениях.

Характер и объем мероприятий по очистке воды должны быть выбраны в результате сопоставления качественных характеристик воды данного источника с теми требованиями, которые предъявляют потребители к качеству воды.

В данном примере задана мутность воды — 100 мг/л.

Суточная производительность станции водоподготовки определяется по формуле:

$$Q^{m.}_{сут.\max.} = (Q_{сут.\max.} + Q_{сут.пол.} + Q_{сут.м.п.} + \sum Q_{сут.п.п.})(1 + б), \qquad (1.38)$$

где принимаем $б = 0{,}08$, тогда

$$Q^{m.}_{сут.\max.} = 36841{,}86\ м^3/сут$$

По производительности станции водоподготовки можно подобрать $б = 0{,}06 - 0{,}1$, очистные сооружения – горизонтальные. По производительности станции водоподготовки можно подобрать очистные сооружения — это горизонтальные отстойники с производительностью свыше 30000 м^3/сут. и мутность воды до1500 мг/л.

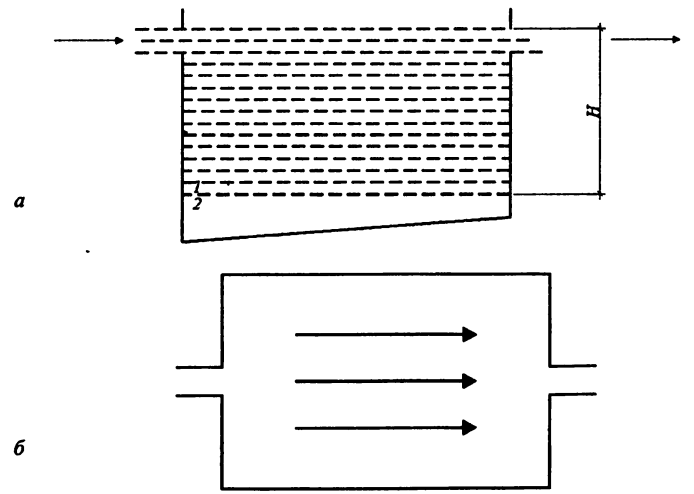


Рис. 1.7.2. Схема горизонтального отстойника:
а — проточный горизонтальный отстойник; *б* — схема направления движения основного потока воды в отстойнике; *1* — Рабочая часть *1*; *2* — Нижняя часть *2*

Горизонтальный отстойник обычно представляет собой бассейн прямоугольной формы *(рис. 1.7.2)*. Вода, подлежащая осветлению, подводится к одной из его торцовых стенок, проходит вдоль отстойника до противоположенной торцовой стенки и там отводится. В отстойнике следует различать его рабочую часть *1*, где происходит осаждение взвеси — зону осаждения, и нижнюю часть *2*, где собирается выпавший осадок — зону накопления и уплотнения осадка. Эти зоны показаны на *рис.1.7.2*.

1.7.6.3. Подбор резервуаров чистой воды

Подбор резервуаров осуществляется по их емкости. Соответственно, емкость резервуаров определяют следующим образом:

$$V = V_{р.} + V_{п.} + V_{ф.} \qquad (1.39)$$

где $V_{р.}$ — регулирующий объем воды, м^3, определяется путем совмещения графиков работы насосов первого и второго подъема; $V_{п.}$ — пожарный объем воды, м^3, (при трехчасовом запасе) определяется по формуле:

$$V_{р.} = 3(3{,}6Q_{п.}) + \sum Q_{\max.} - 3Q_1, \qquad (1.40)$$

$Q_{п.}$ — запас воды на пожаротушение, л/с; $\sum Q_{max.}$ — суммарный расход воды за три часа наибольшего водопотребления, м^3, определяется по графику водопотребления; Q_1 — количество воды подаваемой насосами первого подъема в соответствии с их графиком работы, м^3/ч; $V_{р.}$ — запас воды на промывку фильтров и другие собственные нужды станции водоподготовки, м^3 (3% от $Q^S_{сут.max.}$).

Принимая режим работы насосной станции первого подъема равномерным, а режим работы станции второго подъема, например, по табл. 2 имеем:

$$V_{р.} = (4{,}17 - 2{,}71)5 = Q^S_{сут.\max.} = 111111{,}3 \cdot 34112{,}8/100 = 2490{,}23\ м^3,$$

$$V_{ф.} = 3 \cdot 34112{,}8/100\ м^3,$$

$$V_{п.} = 60\ м^3,$$

тогда $V = 2490{,}23 + 1023{,}80 + 60 = 3574\ м^3$ — емкость резервуаров.

1.7.6.4. Подбор водонапорной башни

Подбор башни осуществляется по объему бака. Объем бака водонапорной башни составляет:

$$V_{б.} = V_{р.} + V_{п.}, \qquad (1.41)$$

где $V_{р.}$ — регулирующий объем воды, м^3; $V_{п.}$ — противопожарный запас воды, м^3.

$$V_{р.} = 3{,}51 \cdot 10^{-2} \cdot 28795{,}2 = 1010{,}7 \text{ м}^3,$$

$$V_{п.} = (2(35+10)+1\cdot 10)60/1000 \cdot 10 = 60 \text{ м}^3,$$

$$V_{п} = \left\lfloor n_{п.н.п.}\left(q_{п.н.п.} + q_{п.в.п.}\right) + n_{п.пр.} q_{п.пр.} \right\rfloor 60/1000 \cdot 10$$

$$V_{б.} = 1010{,}7 + 60 = 1070{,}7 \text{ м}^3$$

$H_o = \sqrt[3]{4V_{б.}/p}$ — высота бака водонапорной башни (1.42)

$$H_o = \sqrt[3]{4 \cdot 1070{,}7/3{,}14} = 11{,}1 \text{ м}.$$

При вычислении $V_п$ использовались следующие данные:

$n_{п.}$ — расчетное количество одновременных пожаров; $q_{п.в.п.}$ — расход воды на один внутренний пожар; $q_{п.н.п.}$ — расход воды на один пожар, л/с на наружное пожаротушение жилых и общественных зданий; $q_{п.пр.}$ — расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий; $n_{п.пр.}$ — число пожаров на промышленных предприятиях (одновременно).

Таблица 8

Определение объема воды в баке водонапорной башни

Часы суток	Потребление воды в % от $Q^s_{сут\,max}$	Подача воды насосами второго подъема в % от $Q^s_{сут\,max}$	Поступление воды в бак в % от $Q^s_{сут.max}$	Расход воды из бака в % от $Q^s_{сут.max}$	Остаток воды в баке в % от $Q^s_{сут.max}$
1	2	3	4	5	6
0–1	2,76	2,71		0,06	1,43
1–2	2,84	2,71		0,19	1,24
2–3	2,51	2,71	0,		1,44
3–4	2,55	2,71	0,16		1,60
4–5	3,35	4,55	1,2		2,80
5–6	3,94	4,55	0,61		3,41
6–7	4,45	4,55	0,1		3,51
7–8	4,95	4,55		0,41	3,10

Продолжение табл.8

1	2	3	4	5	6
8–9	5,17	4,55		0,63	2,47
9–10	5,59	4,55		1,05	1,42
10–11	5,17	4,55		0,63	0,79
11–12	5,08	4,55		0,54	0,25
12–13	4,53	4,55	0,02		0,27
13–14	4,36	4,55	0,19		0,46
14–15	4,53	4,55	0,02		0,48
15–16	4,53	4,55	0,02		0,50
16–17	4,79	4,55		0,25	0,25
17–18	4,70	4,55		0,16	0,09
18–19	4,62	4,55		0,09	0
19–20	4,45	4,55	0,1		0,1
20–21	4,36	4,55	0,19		0,29
21–22	4,14	4,55	0,36		0,65
22–23	3,77	4,55	0,78		1,43
23–24	2,76	2,71	0,05		1,49
	100	100	4,00	4,00	

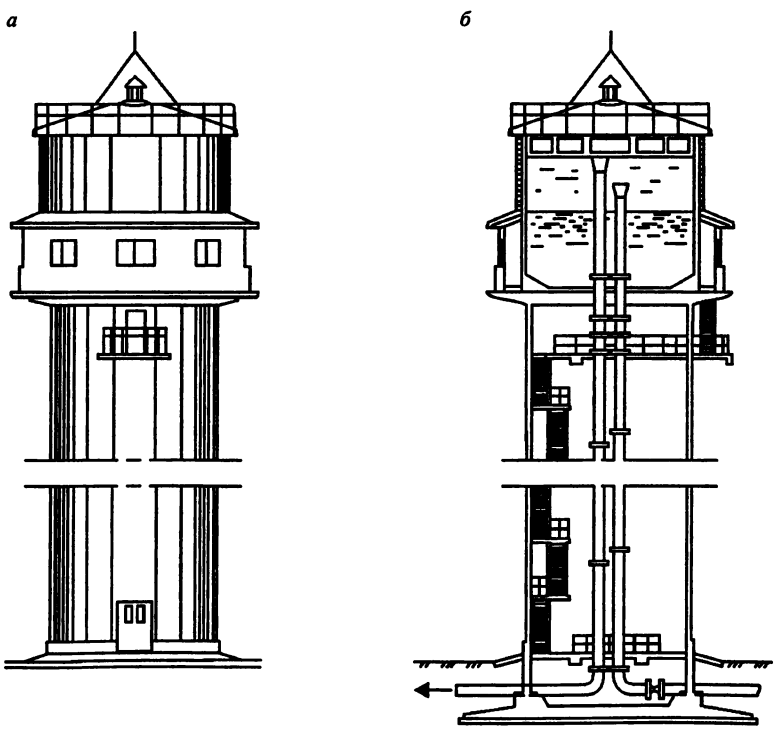


Рис. 1.7.3. Водонапорная железобетонная башня с железобетонным баком:
а — фасад водонапорной железобетонной башни;
б — разрез водонапорной железобетонной башни

1.7.6.5. Подбор насосной станции второго подъема

При выборе типа насосов и определении числа рабочих агрегатов учитывают совместную работу насосов, водоводов и сети. При этом на насосной станции всегда предусматриваются резервные агрегаты. Основными параметрами, характеризующими работу станции, являются ее подача и напор, развиваемый станцией.

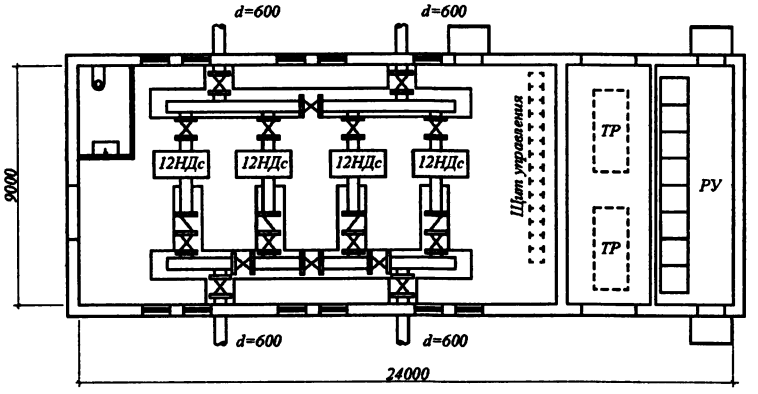


Рис. 1.7.4. План насосной станции второго подъема, оборудованной четырьмя насосами Д 1250-65

Подача насосных станций второго подъема, как уже ранее отмечалось, должна быть рассчитана на максимальное суточное водопотребление и определяется по формуле:

$$Q^{m.}_{сут.max.} = (Q_{сут.max.} + Q_{сут.пол.} + \dot{Q}_{сут.м.п.} + \sum Q_{сут.п.п.}) \cdot (1 + б), \quad (1.43)$$

$$Q^{m.}_{сут.max.} = 36841{,}86\ м^3/сут$$

Количество агрегатов, устанавливаемых на станции, зависит от числа ступеней в графике ее работы. В современных водопроводах насосные станции второго подъема работают, как правило, по двух- или трехступенчатому графику.

В данном примере число ступеней — две.

Требуемый напор, который должна развивать станция второго подъема определяется по формуле:

$$H_H = (Z_б - Z_H) + (H_б + H_O) + h_{вв},$$

$$h_{вв} = i \cdot l = 4{,}72/1000 \cdot 400 = 1{,}88\ м,$$

тогда $H_H = (58{,}5 - 57) + (34{,}62 + 11{,}7) + 1{,}9 = 49{,}72\ м$

Полезная мощность насосов определяется по формуле:

$$N_П = 10^{-3} cgQ_H H_H. \qquad (1.44)$$

Мощность насосов на валу (электродвигателя) составляет:

$$N = 10^{-3} c \cdot q \cdot Q_H \cdot H_H / з, \qquad (1.45)$$

n — количество насосов; Q_H — подача одного насоса, м^3/ч; $б$ — коэффициент, $б = 1{,}07; 1{,}18; 1{,}25; 1{,}32$, соответственно для 2, 3, 4-х и 5-ти параллельно работающих насосов.

$$Q_{H.S} = 2{,}78 \cdot 287015{,}2/100 = 49{,}72\ м^3/ч,$$

$$Q_n = 1{,}18 \cdot 780{,}3/3 = 307\ м^3/ч,$$

$$N = 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 307 \cdot 49{,}72/3600 \cdot 0{,}8 = 51{,}94\ кВт,$$

$$N_n = 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 307 \cdot 49{,}72/3600 = 41{,}55\ кВт.$$

2. КАНАЛИЗАЦИЯ

2.1. Сточные воды и их классификация

Канализация, или система отведения и очистки сточных вод, — комплекс инженерных сооружений и устройств, служащих для приема и удаления сточных вод за пределы населенных пунктов и промышленных предприятий, а также их очистка и обеззараживание. Сточные воды, образующиеся в черте населенных мест и на промышленных предприятиях, можно подразделить на три категории:

1) бытовые — поступающие из унитазов, раковин, ванн и прочих приборов; они образуются в жилых, общественных, коммунальных и некоторых общественных зданиях;
2) производственные — образующиеся в результате использования воды в различных технологических процессах производства;
3) дождевые (атмосферные) — появляющиеся на поверхности проездов, площадей, крыш при выпадении атмосферных осадков и таянии снега.

Сточные воды указанных категорий содержат некоторое количество загрязнений органического и минерального происхождения, которые могут находиться в растворенном, коллоидном и нерастворенном состоянии. Наиболее опасными в санитарном отношении являются сточные воды, содержащие большое количество гниющих органических веществ. Среди последних могут находиться и бактерии патогенной группы (болезнетворные).

Производственные сточные воды подразделяются на загрязненные и условно чистые (от охлаждения агрегатов). 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 в городскую канализацию.

2.2. Системы и схемы канализации

Под системой канализации подразумевается комплекс сооружений, предназначенных для отведения сточных вод трех основных видов и их очистки *(рис. 2.1)*.

Система канализации состоит из следующих основных элементов: внутренних канализационных устройств зданий, наружной канализационной сети, насосных станций, напорных водоводов, сооружений для очистки сточных вод и утилизации осадка и выпусков в водоем.

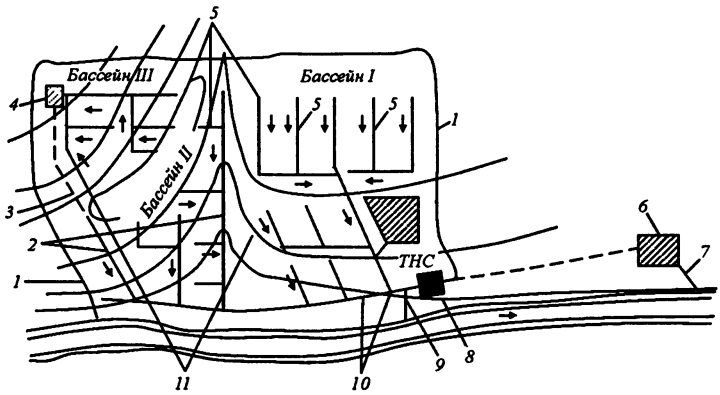


Рис.2.1. Система канализации города:

1 – граница города; *2* – коллекторы; *3* – напорный трубопровод; *4* – насосная станция; *5* – уличная сеть; *6* – очистные сооружения; *7* – выпуск в водоем; *8* – главная насосная станция; *9* – аварийный выпуск; *10* – главный коллектор; *11* – граница бассейнов канализования

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 сеть, различают следующие системы канализации.

Общесплавная система канализации — это система, при которой по одной подземной сети труб и каналов отводятся сточные воды всех категорий за пределы населенных мест.

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 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 прокладывают две самостоятельные подземные сети труб и каналов, из которых одна служит для отведения бытовых и загрязненных производственных сточных вод, а вторая для отведения дожде-

вых и условно-чистых производственных 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 же воды по другой сети отводятся по наикратчайшему расстоянию в ближайшие водные потоки. В дождевую сеть могут отводиться условно чистые производственные сточные воды. При раздельной системе бытовая сеть, которую строят в первую очередь, имеет диаметр труб и каналов значительно меньше, чем дождевая. Обычно расчетные расходы дождевых вод превышают расходы бытовых вод в несколько раз. В том случае, когда при раздельной канализации устраивают только бытовую сеть, а дождевые воды отводят по открытым лоткам и канавам систему называют *неполной раздельной.*

Полураздельная система канализации предусматривает строительство двух раздельных сетей (производственно-бытовой и дождевой) и перехватывающего общесплавного коллектора, по которому отводятся на очистку все бытовые, производственные воды 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. По конструкции разделительные камеры могут быть аналогичны ливнеспускам общесплавной системы канализации.

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 совершенна в санитарном отношении полураздельная система, так как в этом случае загрязненные сточные воды всех категорий удаляются за пределы населенного места и подвергаются очистке. Однако капитальные вложения на одновременное строительство двух сетей и специальных камер велики, поэтому полураздельные системы канализации пока еще не получили широкого распространения. Наиболее часто применяется раздельная система канализации. Эта система удовлетворительна в санитарном отношении. Ее экономические преимущества состоят в том, что в первую очередь можно строить бытовую сеть, трубы и каналы которой имеют небольшие диаметры, и, следовательно, первоначальные затраты в период строительства будут снижены. Только по мере благоустройства территории объекта прокладывается подземная дождевая сеть. До этого момента дождевые воды отводятся так же, как и при неполной раздельной канализации, т.е. поверхностным стоком по лоткам и кюветам.

Схема канализации разрабатывается на основании принятой системы канализации и является конкретным технически и экономически обосно-

ванным решением по выбору и размещению комплекса инженерных сооружений для приема, транспортирования, очистки и выпуска их в водоем или передача для последующего использования в сельском хозяйстве и промышленности.

На генплане канализуемого населенного пункта выделяются бассейны канализования *(см. рис. 2.1.)*, наносятся трассы основных коллекторов, уличной сети, места расположения насосных станций, очистных сооружений и выпусков.

Выбор схемы канализации обуславливается рельефом местности, местом расположения очистных сооружений и поверхностного водоема, расходом сточных вод, требованиями утилизации сточных вод и повторного их использования, отводом и очисткой поверхностного стока.

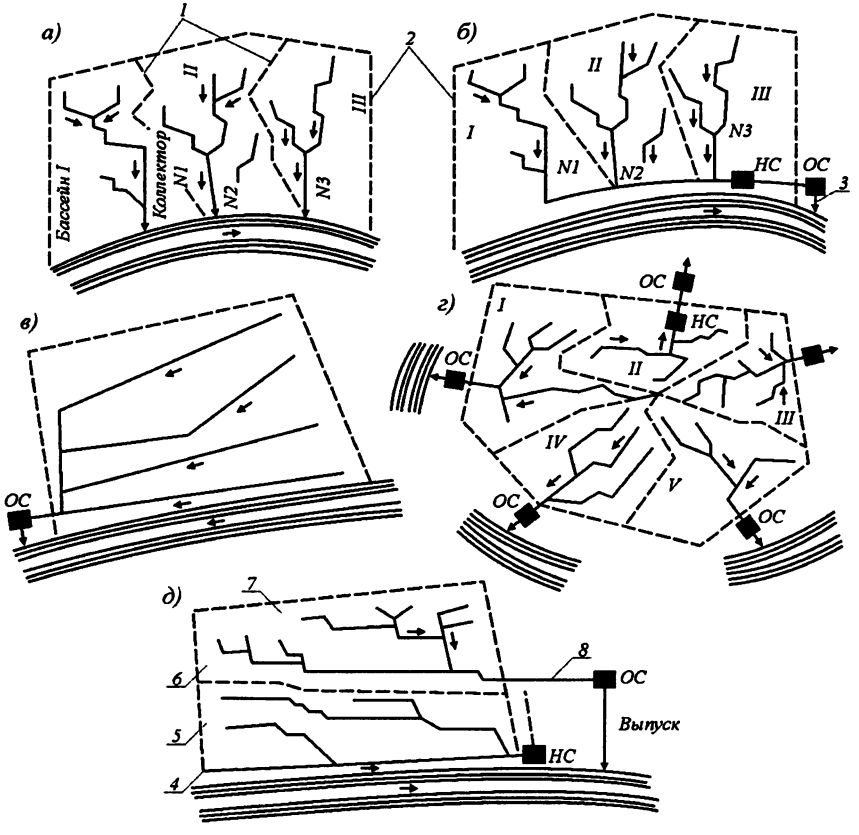


Рис.2.2. Схемы канализационных сетей населенных пунктов:

1 – граница бассейна; *2* – граница канализования; *3* – выпуск; *4* – коллектор нижней зоны; *5* – парковый коллектор; *6* – главный коллектор верхней зоны; *7* – северный коллектор; *8* – отводной канал

Применяют следующие схемы канализования:

1. Перпендикулярную *(рис. 2.2, а)*, при которой коллекторы отдельных бассейнов канализования, если нет обратных уклонов, трассируют по наикратчайшему пути — перпендикулярно водоему. Такую схему применяют при отводе чистых вод. При необходимости очистки отводимых вод эту схему можно переделать на пересеченную схему.
2. Пересеченную *(рис. 2.2, б)*, имеющую широкое распространение, если территория канализуемого объекта понижается в сторону водоема. Она удобна при реконструкции старых систем канализации, выполненных по перпендикулярной схеме и сбрасывающих сточные воды в водоем без очистки. При этой схеме коллекторы бассейнов канализования, идущие к очистным сооружениям.
3. Веерную, или параллельную *(рис. 2.2, в)*, при которой коллекторы бассейнов канализования направлены под углом или параллельно друг другу и по отношению к водоему и перехватываются главным коллектором, отводящим сточные воды на очистные сооружения. Схему применяют при очень крутых склонах к реке в целях уменьшения уклонов труб, а также скорости движения воды в коллекторах.
4. Радиальную *(рис. 2.2, г)*, применяют при отводе сточных вод отдельных районов самостоятельными системами и при разбросанных площадках очистных сооружений. Коллекторы бассейнов канализования имеют радиальное направление от центра населенного пункта к его периферии, каждый район города имеет независимую сеть с самостоятельным главным и отводящим коллекторами и с отдельными очистными сооружениями. Эта схема удобна тем, что при расширении застройки города не требуется перестройка действующих коллекторов.
5. Зонную, или поясную *(рис. 2.2, д)*, применяют при расположении объекта на территории с холмистым рельефом. По этой схеме населенный пункт разбивают на зоны с самостоятельными сетями, и сточные воды нижней зоны перекачиваются в главный или отводной коллектор верхней зоны, идущей на очистные сооружения. От отдельных объектов сточные воды отводятся самотеком.

В густонаселенных районах страны и при близком расположении населенных пунктов и промышленных предприятий следует предусматривать районную схему канализации всего промышленного района. Районная схема канализации позволяет отказаться от устройства в отдельных населенных пунктах и промышленных предприятиях небольших очистных сооружений, обеспечить более совершенную очистку сточных вод и высокоэффективную систему повторного и многоцелевого использования очищенной воды и тем самым достигнуть сокращения строительных и эксплутационных затрат и более надежную защиту водоемов от загрязнений.

В засушливых районах с дефицитом воды, при наличии маловодных водоемов, где отбор воды и сброс сточных вод после очистки затруднены, или в тех случаях, когда по санитарным или рыбохозяйственным требованиям не допустим сброс сточных вод без дорогостоящей глубокой очистки, целесообразно проектировать замкнутые схемы водного хозяйства без выпуска сточных вод в водоемы.

Такие схемы предусматривают полного водооборота с использованием в производстве очищенных и подготовленных промышленных и бытовых сточных вод при минимальном пополнении безвозвратных потерь системы из водоисточника.

При разработке схемы канализации следует предусмотреть максимально возможное использование сточных вод как производственных, так и бытовых, и дождевых.

Оптимальный вариант должен определятся наименьшей величиной приведенных затрат с учетом сокращения трудовых затрат, расхода материальных ресурсов, электроэнергии и топлива, а также исходя из санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных требований.

Выбор системы и схемы отведения бытовых, производственных и атмосферных сточных вод по общим или раздельным сетям во многом зависит от того, будет ли в дальнейшем осуществляться их совместная или раздельная очистка. Совместное отведение бытовых и производственных сточных вод экономически оправдано при их последующей совместной механической и биологической очистке. Производственные сточные воды, содержащие органические вещества и бытовые сточные воды, могут быть использованы после их биологической очистки в производственном водоснабжении. Для систематизации и обобщения научно-технической информации различных систем и схем канализования рекомендуется составлять структурные схемы *(рис. 2.3)*, в которой показаны вероятные и перспективные системы, а также возможный уровень их использования.

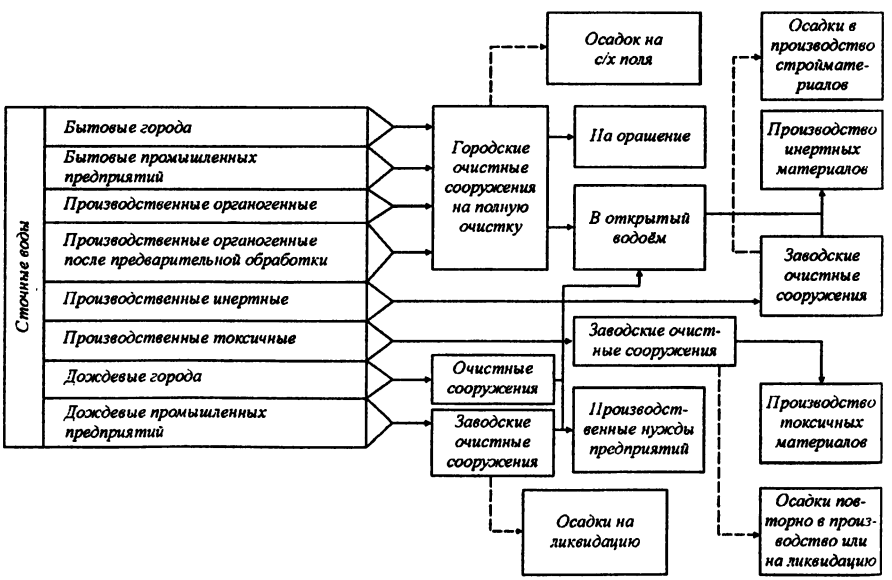


*Рис. 2.3.*Структурная схема вариантов водоотведения и рационального использования очищенных сточных вод при раздельной системе

2.3. Нормы и режим водоотведения

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 по *(прил. 2, табл. 2.1)* равными нормам водопотребления в зависимости от степени благоустройства зданий. В нормы водоотведения входят все виды потребления воды в городе (в т.ч. расход воды на бани, прачечные, больницы и пр.), за исключением расходов воды промышленными предприятиями и на поливку улиц, площадей и зеленых насаждений.

Ранее уже говорилось о неравномерности потребления воды. В связи с этим существует и неравномерность ее отведения. Понятия о коэффициентах часовой $K_{час}$ и суточной $K_{сут}$ неравномерности в водопроводе и канализации аналогичны. Однако их численные значения будут различными, что связано с условиями движения жидкости и дополнительным поступлением воды в канализационную сеть от сетей центрального и горячего водоснабжения и др. Различают коэффициенты $K_{дет.\min}$ и $K_{дет.\max}$ общей минимальной и максимальной неравномерности водоотведения. Установлено, что неравномерность поступления сточных вод в канализационную сеть зависит от среднего расхода воды, протекающей по ней: чем больше средний расход сети, тем меньше диапазон колебаний расходов по часам суток. Значения коэффициентов неравномерности в зависимости от среднего расхода сточных вод, протекающих в сети, приведены (*прил. 2, табл. 2.1).*

Для расчета канализационной сети и сооружений на ней, а также для расчета очистных сооружений необходимо знать расчетные расходы — среднесуточный, среднечасовой, максимальный и минимальный секундный. Расходы Q бытовых сточных вод ($м^3$/сут; $м^3$/ч; л/с) определяют по формулам:

$$Q_{ср.сут} = N \cdot q/1000, \qquad (2.1)$$

$$Q_{ср.ч.} = N \cdot q/(1000 \cdot 24), \qquad (2.2)$$

$$q_{\max.c} = N \cdot q \cdot K_{дет.\max}/24 \cdot 60 \cdot 60, \qquad (2.3)$$

$$q_{\min.c} = N \cdot q \cdot K_{дет.\min}/24 \cdot 60 \cdot 60, \qquad (2.4)$$

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

Гидравлический расчет ведут на максимальный секундный расход. Этому предшествует определение расчетных расходов по отдельным участкам сети. Вот почему вначале определяют удельный расход (л/с) с 1 га канализуемой территории по формуле:

$$q_{уд.} = q \cdot p_н/(24 \cdot 60 \cdot 60), \qquad (2.5)$$

где $p_н$ — 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 F, и определяют расчетный расход (л/с) по формуле:

$$q_p = q_{\max.c} = q_{уд} F K_{дет.\max}, \qquad (2.6)$$

где $q_{ср.с}$ средний секундный расход равен:

$$q_{ср.с} = q_{уд} F, \qquad (2.7)$$

Города могут иметь районы с разной плотностью застройки. В этом случае для каждого микрорайона приходится определять удельный расход сточных вод, учитываемый далее при вычислении расчетных расходов. Расчетные расходы бытовых сточных вод ($м^3$/сут и л/с) от промышленных предприятий определяют, исходя из числа работающих, нормы водоотведения, принимаемой 25 и 45 л в одну смену на одного человека соответственно для холодных и горячих (с тепловыделением более 84 кДж на 1 $м^3$) цехов и коэффициентов часовой неравномерности $K_ч^x = 3; K_ч^г = 2{,}5$ по формулам:

$$Q_{сут} = \left(25N_1^x + 45N_2^г\right)/1000, \qquad (2.8)$$

$$q_{\max.c} = \left(25N_3K_ч^x + 45N_4K_ч^г\right)/(T \cdot 3600). \qquad (2.9)$$

где N_1, N_2, N_3, N_4 — число рабочих в холодных и горячих цехах соответственно в сутки и в смену с наибольшим числом работающих; T — продолжительность смены, ч.

Расчетные расходы производственных вод ($м^3$/сут и л/с) определяют по формулам:

$$Q_{пром.сут} = q_{пром} M_1 / 1000, \qquad (3.0)$$

$$q_{max.c} = q_{пром} M_2 K_ч / T \cdot 3600. \qquad (3.1)$$

где M_1, M_2 — количество выпускаемой продукции в смену с наибольшей производительностью; $q_{пром.}$ — удельная норма водоотведения производственных вод; T — продолжительность работы оборудования, ч.

2.4. Выбор схемы и системы канализации

2.4.1. Схемы и системы канализации населенных пунктов

Канализование населенных пунктов следует предусматривать по системам: *раздельной* — полной или неполной, *полураздельной*, а также *комбинированной*. Отведение поверхностных вод по открытой системе водостоков допускается при соответствующем обосновании и согласовании с органами санитарно-эпидемиологической службы, по регулированию и охране вод, а также с органами охраны рыбных запасов. Выбор системы канализации следует производить с учетом требований к очистке поверхностных сточных вод, климатических условий, рельефа местности и других факторов. В районах с интенсивностью дождей q_{20} менее 90 л/с на 1 га следует рассматривать возможность применения *полураздельной* системы канализации.

2.4.2. Системы канализации малых населенных пунктов (до 5000 чел.) и отдельно стоящих зданий

Канализацию малых населенных пунктов следует предусматривать, как правило, по неполной раздельной системе.

Для малых населенных пунктов следует предусматривать, как правило, централизованные системы канализации для одного или нескольких населенных пунктов, отдельных групп зданий и производственных зон. Централизованные системы канализации следует проектировать объединенными для жилых и производственных зон, исключая навозосодержащие сточные воды. Устройство централизованных схем раздельно для жилой и производственной зон допускается при технико-экономическом обосновании. Децентрализованные схемы канализации допускается предусматривать:

- при отсутствии опасности загрязнения используемых для водоснабжения водоносных горизонтов;
- при отсутствии централизованной канализации в существующих или реконструируемых населенных пунктах для объектов, которые должны быть канализованы в первую очередь (больниц, школ, детских садов и яслей, административно-хозяйственных зданий, отдельных жилых домов, промышленных предприятий), а также для первой стадии строительства населенных пунктов на расстоянии не менее 500 м;
- при необходимости канализования групп или отдельных зданий.

Для отдельно стоящих зданий при расходе бытовых сточных вод до 1 $м^3$/сут допускается устройство люфт-клозетов или выгребов.

2.4.3. Схемы и системы канализации промышленных предприятий

Система водного хозяйства промышленных предприятий должна быть с максимальным повторным (последовательным) использованием производственной воды в отдельных технологических операциях и с оборотом охлаждающей воды для отдельных цехов или всего предприятия в целом. Безвозвратные потери воды должны восполняться за счет аккумулирования поверхностных сточных вод, бытовых, городских и производственных сточных вод после их очистки и обеззараживания (обезвреживания). Пря-

моточная система подачи воды на производственные нужды со сбросом очищенных сточных вод в водные объекты допускается лишь при обосновании и согласовании с органами по регулированию использования и охране вод и органами рыбоохраны.

При выборе схемы и системы канализации промышленных предприятий необходимо учитывать:

- возможность исключения образования загрязненных сточных вод в технологическом процессе за счет внедрения безотходных и безводных производств;
- требования к качеству воды, используемой в различных технологических процессах, и ее количество;
- количество и характеристику сточных вод, образующихся в разных технологических процессах, и физико-химические свойства присутствующих в них загрязняющих веществ, материальный и энергетический балансы водопотребления и водоотведения;
- возможность локальной очистки потоков сточных вод с целью извлечения отдельных компонентов и повторного использования воды, а также создания локальных замкнутых систем производственного водоснабжения;
- возможность использования в производстве очищенных бытовых городских сточных вод, а также поверхностных сточных вод и создания замкнутых систем водного хозяйства без сброса сточных вод в водные объекты;
- условия спуска производственных сточных вод в водные объекты или систему канализации населенного пункта или другого водопользователя.

Канализование промышленных предприятий надлежит предусматривать по полной раздельной системе. Очистка производственных и городских сточных вод на внеплощадочных очистных сооружениях может производиться совместно или раздельно в зависимости от характеристики поступающих сточных вод и условий их повторного использования.

Производственные сточные воды, подлежащие совместному отведению и очистке с бытовыми сточными водами населенного пункта, не должны:

- нарушать работу сетей и сооружений;
- содержать вещества, которые способны засорять трубы канализационной сети или отлагаться на стенках труб;
- оказывать разрушающее действие на материал труб и элементы сооружений канализации;
- содержать горючие примеси и растворенные вещества, способные образовывать взрывоопасные и токсичные газы в канализационных сетях и сооружениях;
- содержать вредные вещества в концентрациях, нарушающих работу очистных сооружений или препятствующих использованию их в системах технического водоснабжения или сбросу в водные объекты.

Сточные воды, не загрязненные в процессе производства, должны быть использованы в системах производственного водоснабжения предприятия или переданы другому потребителю, в том числе на орошение.

2.5. Трассировка канализационных сетей

При трассировке канализационных сетей учитывают рельеф местности и вертикальную ее планировку, размещение водных протоков и места сброса сточных вод, а также данные гидрогеологических изысканий. На схему канализации влияет размещение очистных сооружений. Схемы трассировки канализационной сети *(рис. 2.5.1)* различают относительно кварталов в зависимости от рельефа местности и вертикальной планировки территории:

– объемлющая схема уличной канализационной сети;

– схема с пониженной стороны кварталов.

– по внутриквартальным проездам.

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 пункта. Дождевую сеть при проектировании трассируют из расчета выпуска сточных вод в водоем по наикратчайшему расстоянию. Грунтовые условия также оказывают существенное влияние на трассировку сети.

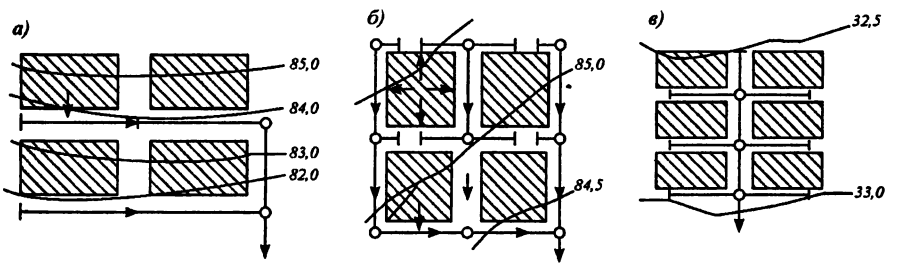


Рис. 2.5.1. Схемы трассировки канализационных сетей:

а – уличная канализационная сеть с пониженной стороны квартала; *б* – уличная канализационная сеть по нескольким сторонам квартала-объемлющая сеть, что связано с линейной застройкой улиц; *в* – уличная канализационная сеть по внутриквартальным поездам.

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.

2.6. Проектирование канализационных сетей и сооружений на них

Канализацию объектов надлежит проектировать согласно СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» на основе утвержденных схем развития и размещения отраслей народного хозяйства и промышленности, схем развития и размещения производительных сил по экономическим районам, генеральных, бассейновых и территориальных схем комплексного использования и охраны вод, схем и проектов районной планировки и застройки городов, микрорайонов, населенных пунктов, генеральных планов промышленных узлов.

При проектировании необходимо рассматривать целесообразность кооперирования систем канализации объектов независимо от ведомственной принадлежности, а также учитывать техническую, экономическую и санитарную оценки существующих сооружений, предусматривать возможность их использования и интенсификацию их работы.

Проекты канализации объектов необходимо разрабатывать, как правило, одновременно с проектами водоснабжения с обязательным анализом баланса водопотребления и отведения сточных вод. При этом необходимо рассматривать возможность использования очищенных сточных и дождевых вод для производственного водоснабжения и орошения. Основные технические решения, принимаемые в проектах, и очередность их осуществления должны быть обоснованы сравнением возможных вариантов. Оптимальный вариант определяется наименьшей величиной приведенных затрат с учетом сокращения трудовых затрат, расхода материальных ресурсов, электроэнергии и топлива, а также исходя из санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных требований.

При проектировании сетей и сооружений канализации должны быть предусмотрены прогрессивные технические решения, механизация трудоемких работ, автоматизация технологических процессов и максимальная индустриализация строительно-монтажных работ за счет применения сборных конструкций, стандартных и типовых изделий и деталей, изготавливаемых на заводах и в заготовительных мастерских.

Канализационную сеть обычно устраивают самотечной и проектируют на частичное заполнение. Для того чтобы вода протекала с необходимой скоростью, сеть прокладывают с уклоном. Во избежание заиливания канализационных сетей расчетные скорости движения сточных вод следует принимать в зависимости от степени наполнения труб и каналов и крупности взвешенных веществ, содержащихся в сточных водах. При наименьшем расчетном наполнении труб в сети бытовой и дождевой канализации наименьшие скорости следует принимать *(прил. 2,табл. 2.2)*. Расчетное наполнение трубопроводов при отведении бытовых сточных вод зависит от диаметра труб. 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. При больших скоростях происходит быстрый износ стенок труб, истирающихся твердыми частица-

ми, которые содержатся в сточных водах. Вследствие этого СНиП 2.04.03-85 вводит понятия о максимально допустимых скоростях.

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. При установке максимальных скоростей необходимо определять и 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. При неблагоприятном рельефе местности допустимо прокладывать отдельные коллекторы и участки уличной сети с трубами диаметром 200 мм и с наименьшим уклоном 0,005, а 150 мм — 0,007. Для ориентировочных расчетов при наполнениях, близких к максимально допустимым значения i_{min} можно принимать равными $i_{min} = 1/D$, где D — диаметр трубы, мм *(прил.2, табл. 2.2)*. Исходя из условий эксплуатации (удобства прочистки сети, ликвидации засоров) минимальные размеры диаметров трубопроводов наружной производственно-бытовой канализации принимают 150 мм для внутриквартальных и 200 мм для уличных сетей, а для дождевой и общесплавной канализации соответственно 200 и 250 мм.

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

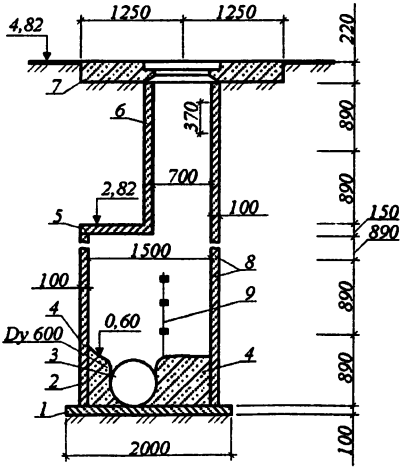


Рис. 2.6.1. Смотровой колодец:
1 – плита днища;
2 – кольцо стеновое с отверстиями;
3 – лоток из бетона;
4 – полка лотка;
5 – плита перекрытия;
6 – стеновое кольцо горловины;
7 – плита дорожная с нишей для люка;
8 – скобы;
9 – ограждение

Смотровые колодцы на канализационных сетях всех систем надлежит предусматривать:

- в местах присоединений;
- в местах изменения направления, уклонов и диаметров трубопроводов;
- на прямых участках на расстоянии в зависимости от диаметра труб: 150 мм — 35 м, 200–400 мм — 5 м, 500–60 мм — 75 м, 700–900 мм — 100 м, 1000–1400 мм — 150 м, 1500–2000 мм — 200 м, свыше 2000 мм — 250–300 м.

Размеры в плане колодцев или камер бытовой и производственной канализации принимают в зависимости от трубы наибольшего диаметра, присоединяемой к колодцу: на трубопроводах диаметром до 600 мм — длину и ширину 1000 мм; на трубопроводах диаметром 700 мм и более — длину D + 400 мм, ширину D + 500 мм.

Диаметры круглых колодцев следует принимать на трубопроводах диаметрами: до 600 мм – 1000 мм;700 мм – 1250 мм; 800–1000 мм – 1500 мм; 1200 мм – 2000 мм.

Размеры колодцев в плане на поворотах трубопроводов необходимо определять из условия размещения в них лотков поворота. На трубопроводах диаметром более 150 мм при глубине заложения до 1,2 м допускается устройство колодцев диаметром 700 мм; при глубине заложения свыше 3 м диаметр колодцев следует принимать не менее 1500 мм.

Колодец состоит из рабочей части *(рис. 2.6.1)*, обеспечивающей возможность производства в нем работ, горловины, предназначенной для спуска в рабочую часть и люка. Высоту рабочей части колодцев (от полки или площадки лотка до перекрытия) необходимо принимать не менее 1800 мм. В рабочей части колодца надлежит предусматривать установку стальных скоб или навесных лестниц для спуска в смотровой колодец, а на трубопроводах диаметром свыше 1200 мм при высоте рабочей части свыше 1500 мм — ограждение рабочей площадки высотой 1000 мм.

Полки лотка смотровых колодцев должны быть расположены на уровне верха трубы большего диаметра. В колодцах на трубопроводах диаметром 700 мм и более допускается предусматривать рабочую площадку с одной стороны лотка и полку шириной не менее 100 мм с другой.

Горловины колодцев на сетях канализации надлежит принимать диаметром 700 мм. Установку люков необходимо предусматривать: в одном уровне с поверхностью проезжей части дорог при усовершенствованном покрытии; на 50–70 мм выше поверхности земли в зеленой зоне и на 200 мм выше поверхности земли на недостроенной территории. В случае необходимости надлежит предусматривать люки с запорными устройствами.

При наличии грунтовых вод с расчетным уровнем выше дна колодца необходимо предусматривать гидроизоляцию дна и стен колодца на 0,5 м выше грунтовых вод. Заделка труб в стенах колодцев должна обеспечивать плотность соединения, водонепроницаемость в условиях водонасыщенных грунтов, а также возможность независимой осадки стенок колодца.

3. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

3.1. 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, кондиционирование воздуха и горячее водоснабжение) и технологических нужд потребителей. Различают местное (децентрализованное) и централизованное теплоснабжение. В централизованных системах теплоснабжения один или несколько источников теплоты обслуживает теплоиспользующие устройства ряда потребителей, расположенных раздельно, поэтому передача теплоты от источника до потребителей осуществляется по специальным теплопроводам — тепловым сетям.

В децентрализованных системах теплоснабжения каждый потребитель имеет собственный источник теплоты. Новые эффективные инженерные решения по теплоснабжению жилых домов с применением автоматизированных теплогенераторов позволяют разрабатывать поквартирное отопление в многоэтажных жилых зданиях.

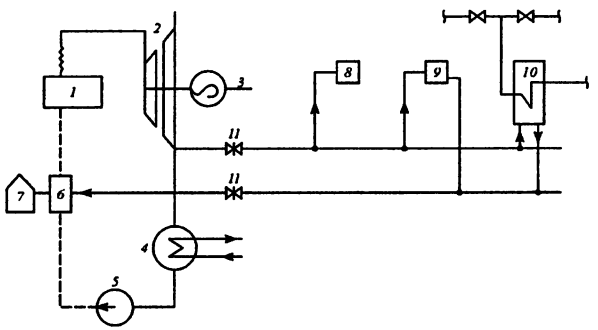


Рис. 3.1.1. Принципиальная схема теплофикации:
1 – котельная; *2* – турбина; *3* – электрогенератор; *4* – конденсатор; *5* – конденсатный насос; *6* – регенератор; *7* – химическая водоподготовка; *8–10* – потребители тепла; *11* – задвижка



*Рис. 3.1.2.*Структурная схема системы теплоснабжения

Система теплоснабжения предназначена для обеспечения потребителей тепловой энергией. Она состоит из теплогенерирующей установки (т.е. источника тепла), служащей для выработки энергоносителя в виде водяного пара, перегретой и горячей воды заданных параметров, тепловой сети для транспортировки энергоносителя к потребителю, тепловых пунктов и местных систем потребителей теплоты. Теплогенерирующие установкиподразделяются на районные, квартальные, групповые и установки предприятий.

Выбор системы теплоснабжения следует определять на основании технико-экономических расчетов с учетом качества исходной воды, степени обеспеченности и поддержания требуемого качества горячей воды у потребителей. Источниками тепла при централизованном теплоснабжении могут быть теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), на которых осуществляется комбинированная выработка электрической и тепловой энергии (теплофикация), котельные установки большой мощности, вырабатывающие только тепловую энергию, устройства для утилизации тепловых отходов промышленности, установки для использования геотермальных источников. В системах децентрализованного теплоснабжения источниками тепла служат автоматизированные теплогенераторы, печи, водогрейные котлы, различные водонагреватели, использующие избыточное тепло промышленных предприятий, солнечную энергию и т.д.

Размещение источника тепла на территории города или микрорайона 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, тогда 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 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 сравниваются несколько вариантов. Окончательный выбор осуществляется с учетом экономических, экологических и санитарных условий. Теплоносителями в системах централизованного теплоснабжения обычно являются перегретая вода с температурой до 200° С и давлением $P_y \leq 2{,}5$ МПа и пар с температурой $t \leq 440°$ С и давлением $P_y \leq 6{,}2$ МПа. Вода обычно служит для обеспечения коммунально-бытовых, а пар – технологических нагрузок. Выбор температуры теплоносителя определяется экономическими расчетами и требо-

ваниями 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.

Выбор варианта схемы теплоснабжения объектов: системы централизованного теплоснабжения от котельных, крупных и малых и автономных электростанций (ТЭЦ, ТЭС, АЭС) либо от децентрализованного теплоснабжения (ДЦТ) — автономных, крышных котельных, от квартирных теплогенераторов производится путем технико-экономического сравнения вариантов. Принятая схема теплоснабжения должна обеспечивать:

- нормативный уровень теплоэнергосбережения;
- нормативный уровень надежности, определяемый тремя критериями: вероятностью безотказной работы, готовностью (качеством) теплоснабжения и живучестью;
- требования экологии;
- безопасность эксплуатации.

В некоторых системах 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 гидравлически: увеличивается вероятность возникновения гидравлических ударов при изменении направления движения потоков теплоносителя в трубопроводах.

Функционирование тепловых сетей и системы центрального теплоснабжения не должно приводить:

- к недопустимой концентрации в процессе эксплуатации токсичных и вредных для населения, ремонтно-эксплутационного персонала и окружающей среды веществ в тоннелях, каналах, камерах, помещениях и других сооружениях, в атмосфере, с учетом способности атмосферы к самоочищению в конкретном жилом квартале, микрорайоне, населенном пункте.
- к стойкому нарушению естественного (природного) теплового режима растительного покрова (травы, кустарников, деревьев), под которыми прокладываются теплопроводы.

3.2. Классификация систем центрального теплоснабжения

Системы центрального теплоснабжения могут быть классифицированы по ряду признаков:

- по способу присоединения установок отопления;
- по числу трубопроводов;
- по виду теплоносителя;
- по способу регулирования тепла.

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 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 вода из водопровода поступает нагретой до требуемой температуры, обычно 55° С водой из тепловой сети в теплообменниках, устанавливаемых в тепловых пунктах. В открытых системах вода подается потребителю непосредственно из тепловой сети.

По числу трубопроводов, используемых для передачи теплоносителя, различают одно-, двух- и многотрубные системы теплоносителя. 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 к тепловым сетям, а также их эксплуатацию. Многотрубные и однотрубные тепловые сети допускается применять при технико-экономическом обосновании. Тепловые сети, транспортирующие в открытых системах теплоснабжения сетевую воду в одном направлении, при надземной прокладке допускается проектировать в однотрубном исполнении при длине транзита до 5 км. При большей протяженности и отсутствии резервной подпитки систем центрального теплоснабжения от других источников теплоты тепловые сети должны выполняться в два (или более) параллельных теплопровода.

По виду теплоносителя системы ЦТ подразделяются на водяные и паровые. Причем вода используется преимущественно для удовлетворения нагрузок отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения, а пар, кроме того, — для удовлетворения технологической нагрузки.

По способу регулирования отпуска тепла в системах теплоснабжения (суточное, сезонное) различают центральное качественное, местное количественное регулирование.

Центральное качественное регулирование подачи тепла осуществляется по основному виду тепловой нагрузки — отоплению или горячему водо-

снабжению. 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.

Кроме чисто качественного и количественного регулирования имеет место качественно-количественное регулирование, которое заключается в определении эквивалента расхода сетевой воды и температуры воды в зависимости от относительной расчетной тепловой нагрузки. Задачей регулирования является поддержание в отапливаемых помещениях расчетной внутренней температуры. Применение тех или других типов систем теплоснабжения обуславливается их особенностями и требованиями потребителей тепла.

Центральное качественно-количественное регулирование на источнике теплоты может быть дополнено групповым количественным регулированием на тепловых пунктах преимущественно в переходный период отопительного сезона, начиная от точки излома температурного графика с учетом схем присоединения отопительных, вентиляционных установок и горячего водоснабжения, колебаний давления в системе теплоснабжения, наличия и мест размещения баков-аккумуляторов, теплоаккумулирующей способности зданий и сооружений.

При центральном качественно-количественном регулировании отпуска теплоты для подогрева воды в системах горячего водоснабжения потребителей температура воды в подающем трубопроводе должна быть:

– для закрытых систем теплоснабжения не менее 70° С;

– для открытых систем теплоснабжения не менее 60° С.

При центральном качественно-количественном регулировании по совместной нагрузке отопления, вентиляции и горячего водоснабжения точка излома графика температур воды в подающем и обратном трубопроводах должна приниматься при температуре наружного воздуха, соответствующей точке излома графика регулирования по нагрузке отопления.

В системах теплоснабжения, при наличии у потребителя теплоты в системах отопления и вентиляции индивидуальных устройств регулирования температуры воздуха внутри помещений количеством протекающей через приемники сетевой воды, следует применять центральное качественно-количественное регулирование, гидравлических и тепловых режимов в конкретных квартальных (микрорайонных) системах в пределах, обеспечивающих качество и устойчивость теплоснабжения.

3.3. Определение расчетных тепловых потоков

Определение тепловых потоков и их требуемых параметров является начальной стадией проектирования любой системы теплоснабжения. При этом существенным моментом является такое определение расходов тепла, при котором сумма расходов всеми потребителями системы достигает максимального значения. Отпуск суммарного максимального теплового потока из тепловых сетей с учетом несовпадения максимумов у отдельных потребителей и видов потребления тепла при проектировании должен обеспечиваться надлежащим выбором основного и вспомогательного оборудования источников тепла, а также соответствующих диаметров труб на отдельных участках тепловых сетей. Правильный расчет теплового потока может оказать влияние и на величину капитальных затрат, и на эксплуатационные расходы.

Максимальные тепловые потоки на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, технологические процессы промышленных предприятий принимаются при проектировании тепловых сетей по соответствующим проектам. При отсутствии проектов допускается определять тепловые потоки по рекомендациям СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети».

Тепловые потоки при отсутствии проектов отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий и сооружений определяются:

- для предприятий — по укрупненным ведомственным нормам, утвержденным в установленном порядке, либо по проектам аналогичных предприятий;
- для жилых районов городов и других населенных пунктов — по формулам.

Максимальный тепловой поток, Вт, на отопление жилых и общественных зданий:

$$Q_{0\max} = q_0 A\left(1 + K_1\right), \tag{3.1}$$

где q_0 — укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м^2 общей площади, Вт/м *(табл. В.2)*; A — общая площадь жилых зданий, м^2; K_1 — коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий, $K_1 = 0{,}25$.

Общую площадь жилых зданий A, м^2, определяют, исходя из жилой площади $F_{ж}$, квартала и безразмерного планировочного коэффициента квартиры K, который принимается равным 0,7:

$$A = F_{ж}/K, \tag{3.2}$$

Жилую площадь квартала $F_{жс}$, м^2, можно найти двумя способами:

1) по плотности жилого фонда P, м^2/га, и площади квартала в гектарах $F_{жс,}$:

$$F_{жс} = PF_{кв}; \tag{3.3}$$

2) исходя из плотности населения $P_н$, чел/га, и нормы жилой площади на человека $f_{жс}$, м/чел.

Количество жителей m, чел., и жилая площадь квартала:

$$m = P_н F_{кв}, \tag{3.4}$$

$$F_{жс} = mf_{жс}. \tag{3.5}$$

Плотность жилого фонда P, м^2/га, принимают в зависимости от этажности застройки *(табл. В.1)*.

а) максимальный тепловой поток, Вт, на вентиляцию общественных зданий:

$$Q_{v\max} = K_1 K_2 q_0 A, \tag{3.6}$$

где K_2 — коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий, K_2= 0,6; K_1 — коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий, K_1 =0,25;

б) средний тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий:

$$Q_{hm} = \left[1{,}2m(a+b)(55-t_c)\right]/(24\cdot 3{,}6), \tag{3.7}$$

или

$$Q_{hm} = q_h m, \tag{3.8}$$

где q_h — укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение на одного человека *(прил.3, табл. 3.1.)*; m — число жителей в квартале;

в) максимальный тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий:

$$Q_{hmax} = 2{,}4 \cdot Q_{hm}. \tag{3.9}$$

Число жителей в квартале определяют двумя способами:

1) Задаются нормой жилой площади на человека $f_{ж}$, т.е. $f_{ж}$ = 9 м^2 или $f_{ж}$ = 12 м^2, тогда:

$$m = F_{ж} / f_{ж} . \qquad (3.10)$$

2) Количество жителей, приходящихся на 1 га территории квартала *(прил.3, табл.3.1)* умножают на площадь квартала.

Определяя расчетный расход теплоты для района города, учитывают, что при транспортировке теплоносителя происходят потери теплоты в окружающую среду, которые принимаются равными 5% тепловой нагрузки. Поэтому суммарные расходы тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение умножают на коэффициент 1,05.

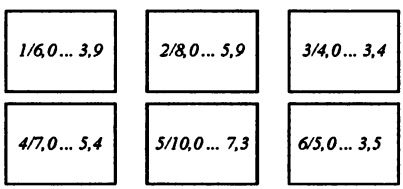


Рис. 3.3.1. План района города:
числитель дроби – номер квартала; знаменатель — площадь, га; ...– этажность застройки, число в центре – тепловая нагрузка квартала.

ПРИМЕР 3.3.1. Определить расчетные расходы теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение района города, включающего шесть кварталов *(рис. 3.3.1)*. Расчетная температура наружного воздуха t_o= –25° С

Решение. Расчет теплопотребления сводим в *табл. 3.3.1.* В графы 1, 2, 3 таблицы заносим соответственно номер, этажность и площадь квартала в гектарах. Плотность жилого фонда *P*, м/га, *(графа 4)* находим по *табл. 3.1, прил.3.* в зависимости от этажности застройки. Тогда жилая площадь зданий квартала №1 *(графа 5)*

$$F_{ж}=PF_{кв.}=3200 \cdot 6=19200 \ м^2.$$

Приняв безразмерный планировочный коэффициент квартиры *K* = 0,7, находим общую площадь жилых зданий квартала №1 *(графа 6)*

$$A=19200/0,7=27428,6 \ м^2$$

Количество жителей в квартале №1 *(графа 7)* определяем, принимая норму жилой площади на одного человека $f_{ж}$=9 м^2

$$m=19200/9=2133 \ чел.$$

Принимая по *табл. 3.2., прил.3* укрупненные показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий q_o=81 Вт/м^2 по формуле *(3.1)*

находим расчетный расход теплоты на отопление жилых и общественных зданий квартала №1 *(графа 8)*

$$Q_{omax} = 81 \cdot 27428{,}6(1+0{,}25) = 2777145{,}7 = 2777{,}1\ кВт.$$

Максимальный тепловой поток на вентиляцию общественных зданий квартала №1 *(графа 9)* определяем по формуле *(4.2)*

$$Q_{vmax} = 0{,}25 \cdot 0{,}6 \cdot 81 \cdot 27428{,}6 = 333257{,}5 = 333{,}2\ кВт$$

Принимая норму расхода воды на горячее водоснабжение в сутки на 1 человека a = 105 л/сут по *табл. 3.3, прил. 3* находим укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение

$$q_h = 376\ Вт/чел.$$

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий квартала № 1 *(графа 10)*

$$Q_{hm} = 376 \cdot 2133 = 802008 = 802\ кВт.$$

Суммарное теплопотребление квартала № 1 *(графа 11)* складывается из расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

Расчет теплопотребления для остальных кварталов производят аналогично. Расчет теплопотребления в кварталах *табл. 1.*

Таблица 1

Расчет теплопотребления в кварталах

№ квартала	Этажность	Площадь квартала Fкв.,га	Площадь жилого фонда, P,м²/га	Жилая площадь Fж.,м²	Общая площадь A, м²	Число жителей m, чел. m, чел.	Расходы теплоты, кВт			
							Q_{omax}	Q_{vmax}	Qhm	ΣQ
1	5	6	3200	19200	27428,6	2133	2777,1	333,2	802,0	3912,3
2	7	8	3600	28800	41142,8	3200	4165,7	499,9	1203,2	5868,8
3	9	4	4200	16800	24000,0	1867	2430,0	291,6	702,0	3423,6
4	8	7	3800	26600	38000,0	2956	3847,5	461,7	1111,4	5420,6
5	7	10	3600	36000	51428,6	4000	5207,1	624,8	1504,0	7335,9
6	6	5	3400	17000	24285,7	1889	2458,9	295,1	710,3	3464,3
						Итого:	20886,3	2505,3	6032,9	29425,5
С учетом теплопотерь теплопроводами в размере 5% от Q расчетные расходы теплоты составляют:							21930,6	2631,6	6334,5	30896,7

Годовые расходы теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение определяют по формулам:

$$Q_0^{год} = Q_{от} h_o, \tag{3.11}$$

$$Q_{hm}^{год} = Q_{vm} h_0 z / 24, \tag{3.12}$$

$$Q_{hm}^{год} = Q_{hm} n_o + Q_{hm}^s (8400 - n_o) \tag{3.13}$$

где $Q_{от}, Q_{vm}$ — средние тепловые потоки на отопление и вентиляцию за отопительный период, Вт, рассчитываются по формулам:

$$Q_{от} = Q_{o\max} (t_1 - t_{от}) / (t_1 - t_o), \tag{3.14}$$

$$Q_{vm} = Q_{v\max} (t_1 - t_{от}) / (t_1 - t_o). \tag{3.15}$$

где $t_{от}$ — средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С; Q_{hm}^s — средний тепловой поток на горячее водоснабжение в неотапливаемый период, Вт.

$$Q_{vm}^s = Q_{vm} в (55 - t_c^s) / (55 - t_s), \tag{3.16}$$

где 55 — температура горячей воды в системе горячего водоснабжения потребителей, °С; t_c — температура холодной воды в отопительный период, принимается равной 5° С; t_c^s — температура холодной воды в неотапливаемый период, принимается равной 15° С; β — коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода горячей воды летом по сравнению с зимним периодом, для жилищно-коммунального сектора β = 0,8, для курортных и южных городов β = 1,5; 8400 — количество часов работы системы горячего водоснабжения в году.

ПРИМЕР 3.3.2. Построить графики часовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение в зависимости от температуры наружного воздуха. Расчетные расходы теплоты: на отопление Q_{omax} = 200 МВт, вентиляцию Q_{vmax} = 20 МВт, горячее водоснабжение Q_{hm} = 50 МВт. Климатологические данные принять для г. Воронежа.

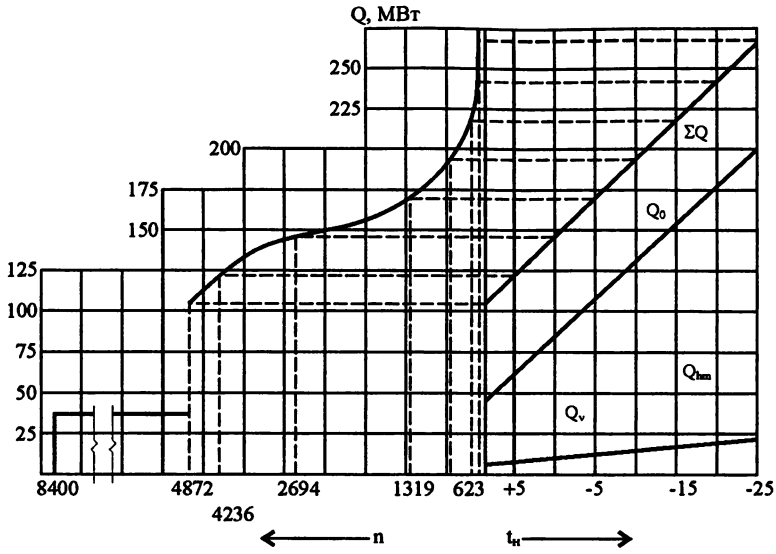


Рис. 3.3.2. График годового расхода теплоты

Решение. По данным СНиП 23-01-99 или находим для г. Воронежа расчетную температуру наружного воздуха для проектирования отопления, принимаемую равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 согласно СНиП 23-01-99 $t_o = -25°$ С.

Графики часовых расходов теплоты строим в координатах (Q — $t_н$) (*рис.4.2, правая часть*). При $t_o = -25°$ С

$$Q_{omax} = 200\ MBm;$$

$$Q_{vmax} = 20\ MBm;$$

$$Q_{hm} = 50\ MBm.$$

При $t_н$=8° С по формуле *(4.3)*

$$Q_o^{+8} = 200(18 - 8)/(18 + 25) = 46{,}5\ MBm;$$

$$Q_v = 20(18 - 8)/(18 + 25) = 7{,}1\ MBm.$$

Отложив на графике значения Q_o и Q_v при различных при $t_н$ и соединив их прямой, получим графики $Q_o = f(t_н)$, $Q_v = f(t_н)$, см.рис.

Расход теплоты на горячее водоснабжение не зависит от $t_н$, поэтому его график представляет прямую, параллельную оси абсцисс — прямая Q_{hm}

График суммарного часового расхода теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение строим путем сложения соответствующих ординат при $t_н = 8°$ С и $t_o = -25°$ С (линия ΣQ).

ПРИМЕР 3.3.3. Построить график годового расхода теплоты по продолжительности стояния температур наружного воздуха для жилого района города. График суммарного часового расхода теплоты и климатологические данные взять из *примера 4.2.*

Решение. По СНиП 23-01-99 находим продолжительность отопительного периода для г. Воронежа n_0 = 203 сут. = 4872 час, продолжительность стояния температур наружного воздуха в часах с интервалом 5° С в течение отопительного периода. Данные сводят в *табл.2.*

Таблица 2

Продолжительность стояния температур наружного воздуха

Продолжительность стояния, *n*, час	**Температура наружного воздуха**							
	-30–25	**-25–20**	**-20–15**	**-15–10**	**-10–5**	**-5–0**	**0– +5**	**+5– +8**
n	19	51	158	395	696	1375	1542	636
Σ *n*	19	70	228	623	1319	2694	4236	4872

График годовой тепловой нагрузки строим на основании графика суммарных часовых расходов теплоты, располагая его справа, а в левой части, в координатах (*Q – n)* — график годового расхода теплоты *(см. рис. 3.3.2).*

Для построения графика годовой тепловой нагрузки из точек на оси абсцисс графика часового расхода теплоты, соответствующих температурам +8, 0, –5, –10, –15, –20, –25° С, восстанавливаем перпендикуляры до пересечения с линией суммарного расхода теплоты *ΣQ.*

Из полученных точек проводим горизонтальные прямые до пересечения с перпендикулярами, восстановленными к оси абсцисс из точек, соответствующих продолжительности стояния температур наружного воздуха.

Соединив найденные точки, получим искомый график годового расхода теплоты за отопительный период.

В летний период (диапазон продолжительности стояния $t_н$ от 4872 до 8400 час) тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию отсутствуют, нагрузка на горячее водоснабжение согласно формуле *(3.16)* составит

$$Q^S_{hm}=50\cdot0{,}8\cdot(55-15)/(55-5)=32\ MBm.$$

Поскольку Q^S_{hm} в летний период не зависит от $t_н$, проводим горизонтальную прямую до пересечения с ординатой, соответствующей общему расчетному числу часов работы тепловой сети в году *n* = 8400час.

Площадь, ограниченная осями координат (*Q-n)* — и полученной кривой расхода теплоты, представляет собой годовой расход теплоты в районе города.

3.4. Трассировка тепловой сети

Выбор трассы тепловых сетей и способ прокладки следует предусматривать в соответствии с указаниями СНиП 11-01-2003 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений» и СНиП II-89-80 «Генеральные планы промышленных предприятий».

По своему назначению тепловые сети, соединяющие источник теплоты с тепловыми пунктами, делятся: магистральные, распределительные внутриквартальные.

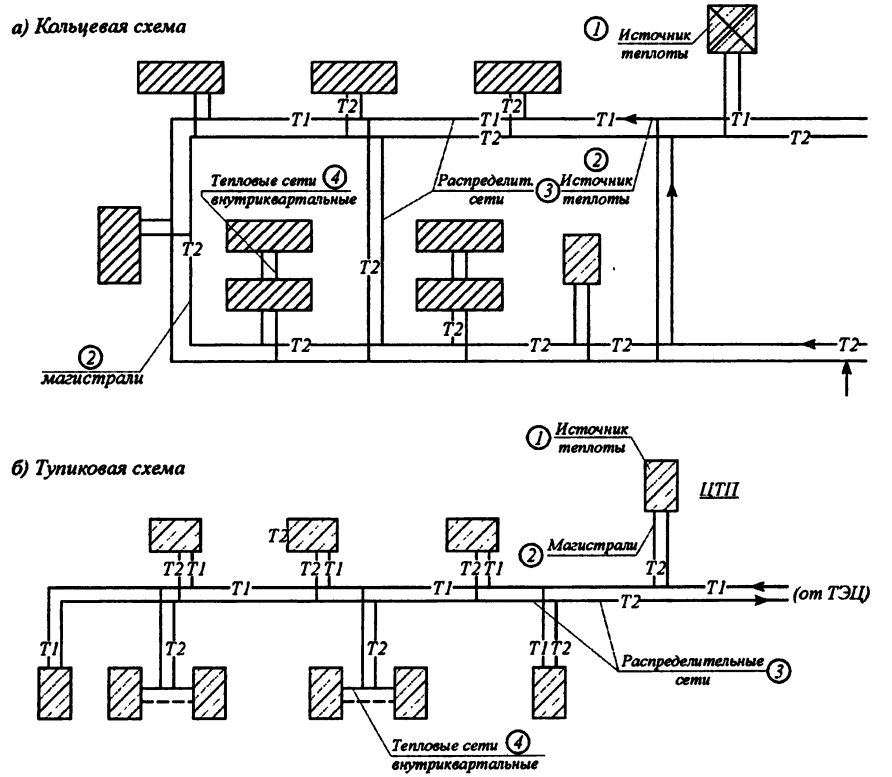


Рис. 3.4.1. Конфигурация тепловых магистральных сетей:
а) кольцевая схема; б) тупиковая схема

Магистральные тепловые сети представляют собой участки, которые несут 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 сетей и заканчиваются в тепловых пунктах потребителей теплоты. Они несут только ту тепловую нагрузку, которую имеет этот потребитель теплоты. Нагрузка распределительных сетей отличается большой 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. По способу прокладки тепловые сети делятся на подземные и надземные. Преобладающим способом прокладки трубопроводов тепловых сетей является подземная прокладка в проходных и полупроходных и непроходных каналах.

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;
- тепловые сети, независимо от способа прокладки и системы теплоснабжения, не должны проходить по территории кладбищ, свалок, скотомогильников, мест захоронения радиоактивных отходов, земледельческих полей орошения, полей фильтрации и других участков, представляющих опасность химического, биологического и радиоактивного загрязнения;
- трассы должны иметь кратчайшие расстояния;
- тепловые сети не следует прокладывать в грунтах в затопляемых районах городов, микрорайонов и промышленных предприятий;
- намеченные трассы не рекомендуется располагать на месте намечаемой застройки, а также они не должны мешать работе транспортной системы города;
- трассировка систем теплоснабжения должна обеспечивать удобства при проведении ремонтных работ;
- выбранный вариант трассы тепловых сетей должен иметь наименьшую стоимость при строительстве и эксплуатации и обладать высокой надежностью;
- подземную прокладку тепловых сетей не следует намечать вдоль электрифицированных железнодорожных и трамвайных путей во избежание электрокоррозии металлических трубопроводов.

Тепловые пункты в системах теплоснабжения предназначены для выполнения следующих функций:

- постоянного контроля параметров (t и P);
- приготовления горячей воды с параметрами, требуемыми для санитарно-бытовых и технических нужд потребителей, а также поддержания и регулирования этих параметров в процессе эксплуатации

систем; при этом происходит не только изменение параметров, но в отдельных случаях и преобразование теплоносителя;
- регулирования расхода теплоносителя и распределения его по системам потребления теплоты;
- учета тепловых потоков, расходов теплоносителя и конденсата;
- защиты местных систем от повышения давления и температуры теплоносителя;
- заполнения и подпитки систем потребления теплоты;
- сбора, охлаждения, возврата конденсата и контроля его качества;
- аккумулирования теплоты с целью выравнивания суточных колебаний расхода теплоносителя;
- водоподготовки для систем горячего водоснабжения.

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

3.5. Проектирование систем теплоснабжения и тепловых сетей

Проектирование тепловых сетей производят с учетом положений и требований СНиП 2.04.07-86*«Тепловые сети». Проектирование тепловых сетей начинается с выбора трассы и способа их прокладки.

В городах и других населенных пунктах трасса должна предусматриваться в отведенных для инженерных сетей технических полосах, параллельно красным линиям улиц, дорогам и проездам, вне проезжей части и полосы зеленых насаждений, а внутри микрорайонов и кварталов — вне проезжей части дорог.

При выборе трассы теплопроводов необходимо учитывать экономичность и надежность тепловых сетей. С целью повышения надежности работы тепловых сетей целесообразно устраивать резервирование подачи теплоты потребителям за счет совместной работы нескольких источников теплоты, а также устройства блокировочных перемычек между магистралями тепловых сетей при подземной прокладке. Резервная подача теплоты, принимаемая для пропуска 50–90% аварийного расхода воды *[10, п. 3.1, табл. 1]* осуществляется в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха для отопления и диаметров трубопроводов.

При выборе трассы тепловых сетей необходимо выдерживать нормативные расстояния от строительных конструкций до зданий, сооружений и инженерных коммуникаций *[17, прил. 6, 7]*. При выборе трассы предусматривается один ввод тепловых сетей в каждый квартал. В отдельных случаях в крупные кварталы устраивают по два ввода. Допускается подключать рядом расположенные кварталы из одной камеры.

В местах ответвлений к кварталам или зданиям предусматривают тепловые камеры. На трассе тепловых сетей показываются неподвижные опоры, компенсаторы и запорно-регулирующая арматура. Тип неподвижных опор, их конструкция и размеры приведены в *[3, 5]*. Камеры тепловых сетей могут выполняться из сборных железобетонных, бетонных элементов, мо-

нолитными или из кирпича. Их габаритные размеры определяют из условий удобства и безопасности обслуживания и обеспечения нормативных расстояний между строительными конструкциями и оборудованием в *[17, прил.7, табл.3]*.

Монтажная схема разрабатывается после выбора трассы, способа прокладки тепловых сетей и предварительного гидравлического расчета, по которому определяют диаметры теплопроводов. Составление монтажной схемы заключается в расстановке на трассе тепловых сетей неподвижных опор, компенсаторов и запорно-регулирующей арматуры. На участках узловыми камерами, то есть камерами в узлах ответвлений, размещают неподвижные опоры, расстояние между которыми зависит от диаметра теплопроводов, типа компенсатора и способа прокладки тепловых сетей *табл.1*.

Таблица 1

Расстояние между неподвижными опорами

Диметр теплопровода d, мм	Способ прокладки тепловых сетей		
	Сальниковые компенсаторы		П-образные компенсаторы
	Канальная	Безканальная	
100	70	-	80
125	70	25	90
150	80	30	100
175	80	35	100
200	80	50	120
250	100	60	120
300	100	70	120
350	120	70	140
400	140	70	160
450	140	70	160
500	140	80	180
600	160	80	200
700	160	80	200
800	160	100	200
900	160	100	200
1000	160	120	200
1200	160	120	200

Примечания. Расстояние между неподвижными опорами при П-образных компенсаторах принимаются: для труб d = 50мм–50м, d = 70мм– 55м, d = 80мм–65м. На участках самокомпенсации расстояние между неподвижными опорами принимать как на участках с П-образными компенсаторами с учетом коэффициента 0,6.

На участках между неподвижными опорами предусматривают компенсатор. Повороты трассы теплосети под углом 90–130° используют для самокомпенсации температурных удлинений, а в местах поворотов под углом более 130° устанавливают неподвижные опоры.

Тепловые удлинения трубопроводов при температуре теплоносителя от 50° С и выше должны восприниматься специальными компенсирующими устройствами, предохраняя трубопроводы от возникновения недопустимых деформаций и напряжений. В качестве компенсирующих устройств приме-

няют (П-образные или S-образные) или сальниковые и волнистые компенсаторы. Выбор способа компенсации зависит от параметров теплоносителей, способа прокладки тепловых сетей и других местных условий.

В тепловых сетях в зависимости от способа прокладки и диаметров трубопроводов применяют скользящие, катковые, подвесные (простые и пружинные) подвижные опоры. На участках бесканальной прокладки трубопроводов подвижные опоры не устанавливаются. Скользящие опоры для труб диаметром до 175 мм включительно при всех способах прокладки тепловых сетей. Для труб условным проходом 200 мм до 1200 мм скользящие опоры применяют при прокладке труб в непроходных и полупроходных каналах и для нижнего ряда труб в тоннелях, а также для верхних трубопроводах, прокладываемых на трубах. Пролеты между подвижными опорами определяют расчетом на прочность. Рекомендуемые пролеты между подвижными опорами для усредненных условий расчета трубопровода на прямых участках приведены в *табл.2.*, для прочих участков к этим пролетам вводится коэффициент:

- для участков между ближайшими к повороту опорами (до и после поворота) 0,67;
- для участков между последней и предпоследней опорами конечной точки трубопровода (перед заглушкой, гибким компенсатором или поворотом) 0,82;
- для последних двух участков с каждой стороны сальникового компенсатора 0,5.

При многотрубной прокладке трубопроводов в непроходных каналах опоры размещают вразбежку.

Таблица 2

Расстояние между подвижными опорами трубопроводов на бетонных подушках

Диметр теплопровода d, мм	Пролет между подвижными опорами в м	Диметр теплопровода d, мм	Пролет между подвижными опорами в м
25	1,7	200	6
32	2	250	7
40	2,5	300	8
50	3	350	8,5
70	3	400	9
80	3,5	450	10
100	4	500	10
125	4,5	600	10
150	5	700	10
175	6	800	10

В тепловой сети необходимо применять унифицированные типовые конструкции сборных железобетонных каналов, размеры которых зависят от диаметров теплопроводов табл.3.

Таблица 3

Основные типы сборных железобетонных каналов для тепловых сетей серии 3.006-2

Условный диаметр труб *d*, мм	Марка канала	Размеры канала, мм		Расстояния, мм		
		внутренние	наружные	от стенки канала до изоляции	между изоляционными поверхностями	От дна канала до изоляции
25–50	КЛ 60-30	600x300	850x440	70	100	100
70–80	КЛ 60-45	600x450	850x630	70	100	100
100–150	КЛ 90-45	900x450	1150x630	80	140	150
175–250	КЛ 90-60	900x600	1150x780	80	140	150
200–300	КЛ 120-60	1200x600	1450x780	100	160	150
350–400	КЛ 150-60	1500x600	1800x850	100	200	180
	КЛ 210-60	2100x600	2400x890	110	200	180
450–500	КЛ 90-90	900x900	1060x1070	110	200	180
	КЛ 120-90	1200x900	1400x1070	110	200	180
	КЛ 150-90	1500x900	1740x1070	110	200	180
600	КЛ 120-120	1200x1200	1400x1370	110	200	180
700	КЛ 210-120	2100x1200	2380x1470	110	200	180
800	КЛ 300-150	3000x1500	3610x1950	120	250	200
900	КЛ 360-180	3600x1800	4300x2280	120	250	300
1000	КЛ 420-210	4200x2100	4940x2640	120	250	300

Примечание. Расстояние от перекрытия канала до изоляции следует принимать: для труб d = 25– 250 мм не менее 50 мм, d = 200–400 мм не менее 70 мм, d–500мм и более — 100 мм.

Выбор труб и арматуры при проектировании осуществляют по рабочему давлению и температуре теплоносителя. Для тепловых сетей рекомендуется применять электросварные стальные прямошовные трубы или со спиральным швом. Соединяют трубы с помощью сварки. Основным видом запорной арматуры являются стальные задвижки с ручным приводом при диаметре до 500 мм и электрическим при диаметре более 500 мм.

3.6. Системы поквартирного теплоснабжения жилых зданий с использованием индивидуальных источников теплоты в условиях реконструкции и нового строительства

В качестве источника тепла для поквартирных систем теплоснабжения следует применять теплогенераторы (одно и двухконтурные водогрейные котлы, водогрейные колонки, камины, калориферы и др.) тепловой мощностью до 35 кВт, в качестве топлива использовать природный газ.

К применению допускаются автоматизированные теплогенераторы, полной заводской готовности отечественного и импортного производства.

Теплогенераторы должны иметь сертификат на соответствие требованиям безопасности и разрешение Госгортехнадзора России на применение их на территории России.

В качестве источников тепла допускаются к применению напольные и настенные теплогенераторы с открытой и закрытой камерами сгорания (топками).

Установку газовых котлов с открытой топкой разрешается предусматривать в жилых зданиях высотой до пяти этажей в соответствии с требованиями СНиП 2.04.08-87*

Для жилых домов этажностью свыше пяти этажей не допускается применение теплогенераторов с открытой камерой сгорания.

Котлы должны иметь закрытую камеру сгорания с принудительным удалением газов в атмосферу через дымоход.

Тепловая мощность котла должна определяться максимальным расчетным значением величин теплопотребности системы горячего водоснабжения или мощности системы отопления квартиры. При выборе расчетной мощности газовых котлов необходимо учитывать реальное (фактическое) давление газа в сети.

В отдельных квартирах существующих и проектируемых жилых зданий, а также встроенных в них помещениях общественного назначения допускается установка котлов тепловой мощностью не более 32 кВт с отводом продуктов сгорания через наружные конструкции здания непосредственно в атмосферу.

Не допускается применение поквартирных систем теплоснабжения в существующих жилых зданиях, ведущее к нарушению прочности несущих конструкций зданий, ухудшению условий эксплуатации зданий и проживания жильцов.

Разработку проектной документации на переоборудование жилых и нежилых помещений в жилых домах, связанное с устройством систем поквартирного отопления, допускается осуществлять на основании соответствующего разрешения, выданного органом местного самоуправления.

В случаях, когда нарушаются несущие элементы строения (стены, плиты перекрытия и т.п.) необходимо получить разрешение на производство строительно-монтажных работ, выдаваемое государственным архитектурно-строительным надзором.

В состав проектной документации при устройстве наружных приставных дымовых труб в обязательном порядке должны входить чертежи фасадов (фрагменты фасадов) здания со стороны их установки, а также паспорт цветового решения на отделку элементов труб, согласованные с местным органом архитектуры и градостроительства.

Поквартирные системы теплоснабжения разрешается предусматривать в жилых зданиях, относящихся к первой и второй степени огнестойкости.

Ограждающие конструкции газифицируемых помещений должны иметь предел огнестойкости в соответствии с требованиями СНиП 21.01.97 и СНиП 2.08.01-89*.

Установку котлов разрешается предусматривать при суммарной тепловой мощности, кВт:

– до 60 — в кухнях;
– до 100 — в специально выделенных нежилых помещениях квартир или помещениях общественного назначения (теплогенераторных).

Объём кухни с установкой электроплиты и теплогенератора с закрытой камерой сгорания и объём теплогенераторной, оборудованной теплогенератором с закрытой камерой сгорания не нормируется, выбирается из условия обеспечения необходимых нормируемых расстояний до стен, оборудования и удобства обслуживания.

Помещение кухни и теплогенераторной должны отвечать следующим требованиям:

– высота не менее 2,50 м;
– внутренний объем, определяемый исходя из условий удобства производства монтажных работ и эксплуатации теплогенераторов, но не менее указанного в эксплуатационной документации предприятия-изготовителя;
– для помещения кухни, кроме того, наличия окна, конструкции которого обеспечивает проветривание помещения.

Кухня и теплогенераторная должны иметь оконный проём площадью остекления 0,03 $м^2$ на 1 $м^3$ объёма помещения.

Теплогенераторная общественного назначения должна иметь — эвакуационный выход, отвечающий требованиям СНиП 21-01-97 и защиту от несанкционированного проникновения внутрь помещения.

Установку теплогенераторов следует предусматривать в соответствии с требованиями строительных норм и правил, а также паспортов и инструкций по монтажу и эксплуатации предприятий-изготовителей.

Установку настенных теплогенераторов следует предусматривать:

– на стенах из горючих материалов на расстоянии не менее 20 мм от стены;
– на стенах из горючих материалов с изоляцией негорючими материалами (кровельной сталью, по листу асбеста толщиной не менее 3 мм, штукатурка не менее 25 мм и т.п.) на расстоянии не менее 30 мм от стены. Изоляция должна выступать за габариты корпуса теплогенератора на 100 мм.

Перед фронтом теплогенераторов от выступающих частей газовых горелок или арматуры должно быть свободное пространство не менее 1м.

При размещении теплогенераторов в теплогенераторных помещениях общего назначения следует предусматривать установку системы контроля загазованности (по метану) с автоматическим отключением подачи газа при достижении опасной концентрации газа в воздухе (с выше 10% от нижнего концентрационного предела распространения пламени).

Диаметры внутреннего газоснабжения должны рассчитываться на расчётный часовой расход газа согласно п. 3.10 СНиП 2.04.08-87*. Ввод газопроводов через лестничные клетки зданий не допускается

Для учёта расхода газа обязательна установка единого прибора учёта расхода газа (бытового газового счётчика) в помещении квартиры с газовым оборудованием. Размещение счётчиков следует предусматривать в соответствии с требованиями паспорта на счётчик.

Кухня, где устанавливается теплогенератор, должна иметь вытяжной канал, обеспечивающий нормативное количество удаляемого воздуха согласно требованиям прил. 4 СНиП 2.08.01-89* «Жилые здания».

Теплогенераторная должна иметь вытяжной канал, обеспечивающий 3-х кратный воздухообмен в час.

Для притока воздуха, в случае отсутствия форточки, кухня и теплогенераторная должны иметь отверстие в наружной стене, закрытое решёткой с регулируемыми жалюзи максимальным живым сечением при скорости не более 1 м/сек.

Расчётный объём приточного воздуха должен быть равен вытяжке.

В жилых домах с поквартирными системами отопления температура воздуха на лестничных клетках и подвалах с водопроводной и канализационной сетями не должна быть ниже 5° С. Способ отопления выбирается проектной организацией.

Для учёта расхода воды на вводе холодного водопровода в квартиру рекомендуется установить счётчик и механический фильтр.

В зависимости от химического состава водопроводной воды на подводке воды к теплогенератору рекомендуется предусматривать магнитный или дозаторный фильтры.

Для слива теплоносителя из системы отопления следует предусматривать устройство для отвода его в канализацию.

Система удаления продуктов сгорания (система дымоудаления) должна быть надежной, герметичной, обеспечивать полный отвод продуктов сгорания в атмосферу при любых температурах наружного воздуха.

Система подачи воздуха на горение (приточные воздуховоды) должна обеспечить необходимый объём воздуха на горение газа.

Электроснабжение теплогенератора должно предусматриваться от однофазной трёхпроводной групповой сети.

Минимальное расстояние от штепсельных розеток до газопроводов должно быть не менее 0,5 м.

При размещении дымоходов необходимо учитывать требования ПУЭ 2000 г., п. 2.1.42.

Меры электробезопасности должны быть обеспечены в соответствии с требованиями ПУЭ, СНиП и инструкций заводов-изготовителей.

Монтаж газопроводов, пуско-наладочные работы и приёмку в эксплуатацию следует выполнять в соответствии с требованиями ПБ 12-368-00, СНиП 3.05.02-88* и инструкций предприятия-изготовителя.

При сдаче в эксплуатацию поквартирных систем теплоснабжения следует производить проверку тестированием работоспособности всех элементов автоматики регулирования и защиты теплогенераторов, систем газоснабжения и дымоудаления, обеспечивающих безопасные и комфортные условия проживания.

При наличии незаселенных квартир владелец жилого дома несет ответственность за безопасную работу поквартирных систем отопления в данных квартирах.

3.7. Автономное теплоэлектроснабжение

В настоящее время согласно СНиП II-35-76 «Котельные установки » (с изменением №1), автономные (индивидуальные) котельные служат для теплоснабжения одного здания или сооружения.

Одновременно с развитием централизованного теплоснабжение имеется увеличение автономных источников тепловой энергии: транспортабельные котельные установки (ТКУ), когенерационных (установки с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии) установок (мини-ТЭЦ) в общем балансе выработки тепла.

Автономный источник теплоснабжения (котельная) может быть отдельно стоящим, встроенным в здание, (независимо от этажа размещения) пристроенным или крышным. Эффективность использования крышных котельных, предназначенных для децентрализованного теплоснабжения жилых, общественных и промышленных зданий обусловлена следующими факторами:

- сокращение абсолютных капитальных вложений внедрением в практику одновременной сдачи в эксплуатацию источника тепла и здания;
- экономией удельных капитальных вложений за счет отсутствия наружных тепловых сетей;
- снижение текущих эксплутационных затрат путем сокращения тепловых потерь;
- расположением котельной на здании, повышает эффективность использования территорий, поскольку нет необходимости размещения ЦТП и тепловой сети.

Могут применяться поливалентные (гибридные) системы теплоснабжения, которые представляют собой комплексы нескольких разнородных источников тепла: котельные установки, возобновляемые источники, устройства, использующие вторичные энергоресурсы.

Автономные когенерационные установки проектируются в отдельно стоящих помещениях.

Встроенные и крышные котельные могут работать только на газе, отдельно стоящие установки — на любых видах топлива.

Автономная котельная и когенерационная установка, работающие на газообразном или жидком топливе, должны быть автоматизированы и эксплуатироваться без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Для котельных, работающих на газообразном или жидком топливе, необходимо предусмотреть на подводящем газопроводе и топливопроводе внутри котельной быстродействующий запорный клапан с электроприводом.

При работе котельных и когенерационной установки без постоянного присутствия обслуживающего персонала на диспетчерский пункт необходимо передавать соответствующие предупредительные и аварийные сигналы о состоянии котельной. В помещении, где находится установка, необходимо установить щит с детальной расшифровкой причин аварий.

При варианте расположения крышной котельной и встраивании ее в здание особое внимание необходимо уделять шумовым и вибрационным характеристикам устанавливаемого оборудования и способам монтажа. В целях уменьшения нагрузки на несущие конструкции, уменьшения шумовых и вибрационных влияний, подобные котельные рекомендуется располагать в двух уровнях: котлы с обвязкой и газоходами устанавливаются на крыше здания, а все вспомогательное оборудование котельной (насосы, водонагреватели, теплообменники и т.д.) на низшей отметке здания. При этом размеры проходов между оборудованием принимаются, в соответствии с паспортами и инструкциями по эксплуатации, достаточными для обеспечения свободного доступа при техническом обслуживании, и монтаже и демонтаже оборудования.

К малым ТЭЦ относятся теплоэнергетические установки с единичной электрической мощностью (ориентировочно от 0,1 до 15 МВт), основу которых составляют когенерационном режиме агрегаты.

В качестве электроагрегатов на малых ТЭЦ используются дизели или поршневые двигатели внутреннего сгорания с искровым зажиганием, газовые турбины с противодавлением либо конденсационного типа с промежуточным отбором пара и использованием подогретой в конденсаторе воды для технологических нужд, роторные или шнековые паровые машины.

В качестве теплогенераторов используются котлы — утилизаторы выхлопных газов, водогрейные или паровые котлы.

Малые ТЭЦ могут поставляться комплексно, в том числе в контейнерном исполнении, либо создаваться путем реконструкции паровых или водогрейных котельных с дооснащением их электрогенерирующими агрегатами.

Достоинствами малых ТЭЦ являются: малые потери при транспортировке тепловой и электрической энергии, автономность функционирования и возможность продажи в энергосистему излишков вырабатываемой электроэнергии, возможность тепло и электроснабжения автономных (не связанных с единой энергосистемой) объектов: удаленных, труднодоступных, рассредоточенных на большой территории, обеспечение аварийного тепло — и электроснабжения мобильными энергоустановками.

3.8. Поливалентные системы теплоснабжения

Поливалентные (гибридные) системы теплоснабжения (ПСТ) представляют собой комплексы из нескольких источников тепла например: котельная (КУ), возобновляемые источники (ВИ), устройства для комплексного использования вторичных энергоресурсов (ВЭР) и другие.

Экономические и энергетические характеристики таких систем зависят от параметров теплототребления, а также от производительности и стоимости получаемой энергии подсистемами ПСТ. Во всех случаях экономическая задача заключается в том, чтобы в первую очередь использовать те источники ВЭР, при которых эффект будет наибольшим. С этой целью предварительно должна быть проведена паспортизация всех источников ВЭР с указанием их количеств, температур, степени загрязнения, продолжительности и режима поступления. К числу этих источников относятся различные технологические ресурсы (отходящие газы, пар и перегретая вода, являющаяся результатом работы технологического оборудования котельных и компрессорных), а также вентиляционные выбросы.

Одновременно определяют возможных потребителей ВЭР — технологические процессы, отопление, горячее водоснабжение, вентиляция.

Следующим этапом является составление баланса количества ВЭР и потребности в них с подразделением на группы по температурам ВЭР (высокопотенциальная и низкопотенциальная теплота). Отличительной особенностью ПСТ являются, как правило, более низкие по сравнению с традиционными системами оптимальные значения температуры теплоносителя в подающей 70–60° С и обратной 50–40° С магистралях тепловой сети.

3.8.1. Поливалентные системы теплоснабжения с использованием солнечной энергии

Солнечная радиация — практически неисчерпаемый и экологически чистый источник энергии. Мощность потока солнечной энергии у верхней границы атмосферы равна $1{,}7 \cdot 10^{14}$ кВт, а у поверхности Земли $1{,}2 \cdot 10^{14}$ кВт. Общее годовое количество поступающей на Землю солнечной энергии составляет $1{,}05 \cdot 10^{18}$ кВт, в том числе на поверхность суши приходится $2 \cdot 10^{17}$ кВт·ч. Без ущерба для экологической среды может быть использовано до 1,5% всей поступающей солнечной энергии.

Системами солнечного отопления называются системы, использующие в качестве теплоисточника энергию солнечной радиации. Их характерным отличием от других систем низкотемпературного отопления является применение специального элемента — гелиоприемника, предназначенного для улавливания солнечной энергии и преобразования ее в тепловую энергию. По способу использования солнечной радиации системы солнечного низкотемпературного отопления подразделяются на пассивные и активные.

Пассивными называются системы солнечного отопления, в которых в качестве элемента, воспринимающего солнечную радиацию и преобразующего ее в теплоту, служат само здание или его отдельные ограждения.

Активными называются системы солнечного низкотемпературного отопления, в которых гелиоприемник является самостоятельным отдель-

ным устройством, не относящимся к зданию. На *рис. 3.8.1.* показано пассивное использование солнечной энергии — это создание конструкций здания и элементов его ограждений, способных максимально улавливать солнечное излучение в отопительный период и защищать помещения от перегрева в теплое время года.

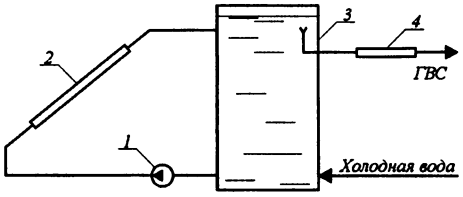


Рис. 3.8.1. Конструкция здания и элементов ограждения, способных улавливать солнечное излучение и защищать помещения от перегрева:
1 – остекление; *2* – теплоаккумулирующая стена; *3* – помещение

Активная технология реализуется в технологических системах со специальным оборудованием, предназначенным для приема солнечного излучения, преобразования его в тепло, аккумулирования и распределения полученного тепла потребителям.

Системы солнечного теплоснабжения по нагрузки делятся на установки горячего водоснабжения и отопительные, а также отопления и горячего водоснабжения. Только для отопления системы используются крайне редко (например, для отдельных небольших зданий при воздушном отоплении). Установки солнечного отопления и горячего водоснабжения подбирают из расчета замещения 30–50% годового потребления и могут работать сезонно или круглогодично.

Наиболее перспективными районами применения таких систем в нашей стране являются южные районы России, Поволжье, отдельные районы Центральной части России, Сибири, Забайкалья, Дальнего Востока.

Системы солнечного теплоснабжения могут быть децентрализованными (индивидуальными) и централизованными (дополнением к центральной котельной).

Экономическую целесообразность применения солнечных установок определяют следующими факторами:

– климатические характеристики данного района;
– техническая эффективность коллекторов солнечной энергии;
– наличие передовой технологии производства основного и вспомогательного оборудования;
– стоимость гелиосистемы и ее элементов;
– стоимость топлива.

Индивидуальные установки солнечного горячего водоснабжения (УСГВ) сезонного действия выполняются, как правило, по одноконтурной схеме *рис.3.8.2.* Для небольшого водопотребления (до 2 м^3/сут) применяют естественную циркуляцию, поэтому солнечный коллектор размещают минимум на 0,5 м ниже аккумулятора. Вода догревается электрическим догревателем.

Более крупные УСГВ оснащаются циркуляционными насосами, при этом бакаккумулятор может размещаться в нижней части здания.

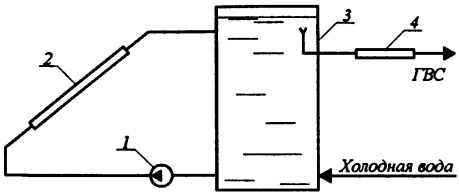


Рис.3.8.2. Одноконтурная установка солнечного горячего водоснабжения (УСГВ):
1 – циркуляционный насос; *2* – солнечный коллектор; *3* – бак-аккумулятор; *4* –догреватель

Установки круглогодичного, а также сезонного действия при неудовлетворительном качестве исходной воды выполняются по двухконтурной схеме. Здесь первичный тепловоспринимающий контур с незамерзающим теплоносителем (антифризом) отделен от аккумулятора тепла промежуточным теплообменником. Каждый контур имеет циркуляционный насос.

Тепловая эффективность двухконтурной ССТ ниже, чем у одноконтурной системы зависит от площади теплопередачи промежуточного теплообменника, поэтому КПД последнего не должен быть ниже 0,9.

В централизованных ССТ подпиточная вода на горячее водоснабжение предварительно подогревается в солнечных коллекторах; ССТ выполняются по двухконтурной *(рис. 3.8.3)* или проточно- регенеративной схеме *(рис. 3.8.4.)*.

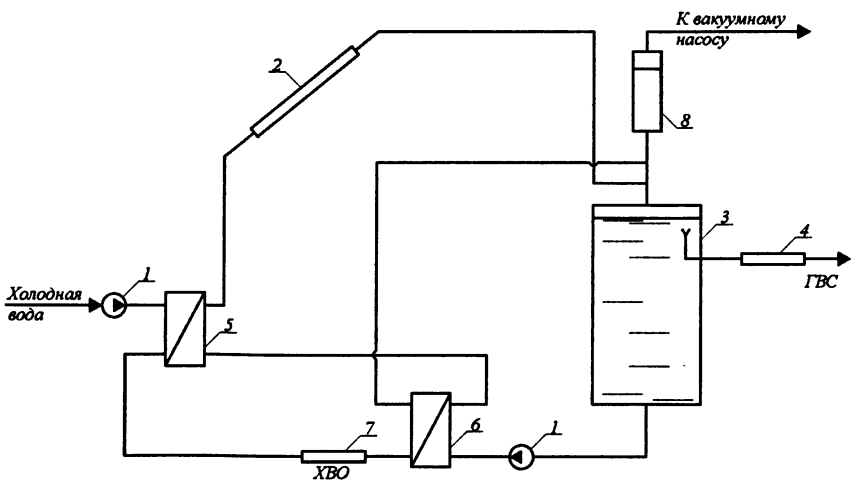


Рис. 3.8.3. Двухконтурная установка солнечного горячего водоснабжения (УСГВ) со скоростным водонагревателем:
1 – циркуляционный насос; *2* – солнечный коллектор; *3* – бак-аккумулятор; *4* – догреватель
5 – скоростной водонагреватель; *6* – расширительный бак

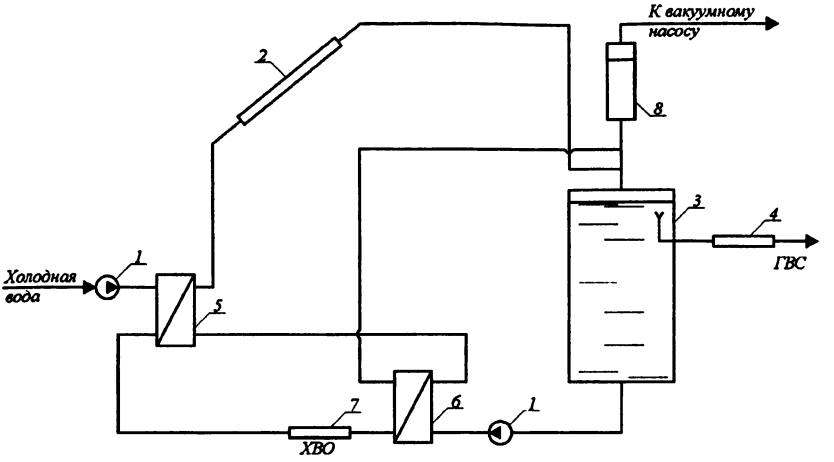


Рис. 3.8.4. Проточно-регенеративная УСВГ с деаэратором:

1 – циркуляционный насос; *2* – блок солнечных коллекторов; *3* – бак-аккумулятор; *4* –дополнительный водоподогреватель; *5* – скоростной водоподогреватель 1-й ступени; *6* – скоростной водоподогреватель 2-ой ступени; *7* – блок химводоочистки; *8* – деаэратор вакуумного типа

Использование вторичных энергоресурсов ВЭР для теплоснабжения промышленных зданий приобретает все большие масштабы. Экономически это вполне оправдано — затраты на экономию 1 т условного топлива за счет использования ВЭР в 3 – 4 раза меньше затрат на его добычу и транспортировку.

Высокопотенциальные ВЭР — это теплота продуктов производства, теплота уходящих газов (Т>300° С), энергия избыточного давления газов.

Низкопотенциальные ВЭР — это теплота промышленных стоков, конденсата, уходящих газов (Т<300° С), оборотного водоснабжения, вентиляционных выбросов, биологическая теплота животных.

Среди множества тепловых вторичных энергоресурсов, образующихся при работе технологических установок и энергетического оборудования на промышленных предприятиях и в источниках теплоты, можно выделить основные, для использования которых необходима установка теплоутилизационного оборудования: теплота уходящих дымовых газов котлоагрегатов, печей и других топливоиспользующих установок, теплота сжатого воздуха компрессорных (нагнетательных) установок, теплота охлаждающей воды и других житкостных потоков (в том числе загрязненные сточные воды) от технологического оборудования, теплота парогазовых потоков от сушильных установок, теплота вытяжного воздуха систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Утилизация теплоты водяных, воздушных и парогазовых потоков может быть осуществлена как с помощью оборудования, выпускаемого серийно, так и разрабатываемого как нестандартизированное.

Низкотемпературными системами отопления называются системы температура теплоносителя на входе в которые не превышает 70° С. В таких системах могут использоваться традиционные и нетрадиционные теплоисточники. Системы низкотемпературного отопления подразделяются на однокомпонентные и комбинированные, имеющие разнотипные теплоприготовительные установки (например, солнечная теплонасосная установка и электрический теплообмен-

ник). Системы низкотемпературного отопления по виду применяемого теплоносителя могут быть водяными, паровыми и воздушными.

При использовании нетрадиционных теплоисточников периодического действия (солнечная энергия, сбросная теплота технологического процесса) в систему низкотемпературного водяного отопления включают теплоаккумуляторы с жидкими и твердыми заполнителями, а также теплоаккумуляторы, использующие теплоту фазовых превращений, или термохимические. В теплоаккумуляторах с жидкими и твердыми заполнителями (незамерзающие жидкости — водный раствор этиленгликоля, глизантин, антифриз, твердое тело — гравий) теплота накапливается за счет теплоемкости материала заполнителя. В фазовых теплоаккумуляторах накопление теплоты происходит при плавлении или изменении кристаллической структуры заполнителя, а высвобождение — при его твердении. В термохимических аккумуляторах теплота накапливается при прохождении эндотермических реакций и высвобождается при экзотермических.

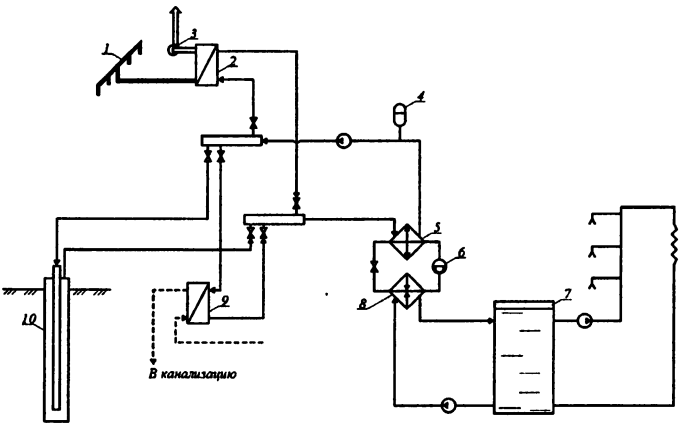


Рис. 3.8.5. Пример комплексного использования природного и сбросного тепла:
1 – вытяжные шахты; *2* – теплоутилизатор; *3* – вентилятор; *4* – расширительный бак;*5* – испаритель; *6* – компрессор; *7* – бак – аккумулятор; *8* – конденсатор;*9* – теплообменник на сточных водах; *10* – система грунтового теплосъёма

В случае, если температура теплоисточника ниже температуры обслуживаемого помещения, а также для снижения расхода металла на нагревательные поверхности, в низкотемпературные системы отопления включают тепловой насос. Применяют насосы парокомпрессионные, абсорбционные и термоэлектрические. Наибольшее распространение получили парокомпрессионные тепловые насосы, работающие на специальных низкотемпературных веществах (хладонах R12, R114, РС318), что позволяет получить температуру конденсации 60–80° С.

Перспективным считают использование теплообменников — утилизаторов с промежуточным теплоносителем, изменяющим свое агрегатное состояние, так называемых термосифонов. В качестве промежуточного теплоносителя можно применять низкокипящие жидкости (хладоны). Пример комплексного использования природного и сбросного тепла с теплонасосной установкой приведен на *рис. 3.8.5.* Преимущества таких систем — отсутствие перекачивающих насосов и незамерзаемость теплоносителя.

4. ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

4.1. Газовые месторождения и основные магистральные газопроводы России. Горючие газы

Современные города требуют больших затрат топлива на бытовые и промышленные нужды. Наиболее совершенным видом топлива для жилищно-коммунального хозяйства и промышленности является газообразное топливо. Его можно транспортировать по трубам на большие расстояния, централизованно распределять по территории города.

Наиболее крупные месторождения сосредоточены в Тюменской области (города Надым, Уренгой, Вуктыл, Ямбург), Якутии, Оренбурской области и Ставропольском крае. Введены в действие крупнейшие системы магистральных газопроводов, основными из которых на территории России являются:

– Уренгой — Помары — Ужгород;
– Уренгой — Вуктыл — Ухта — Ярославль — Москва;
– Уренгой — Уфа — Петровск — Москва;
– Оренбург — Ужгород и многие другие.

В настоящее время в России создана единая автоматизированная система газопроводов страны, объединяющая газопроводы Европейской части Урала, Севера.

Газообразное топливо представляет собой смесь нескольких газов, причем основную часть их составляют горючие газы — углеводороды (метан, этан, пропан и др.), водород и окись углерода (в искусственных газах). В состав негорючих примесей (балласта) входят азот, углекислота и др. Горючие газы добывают из природных источников — недр земли (природные газы) и из жидкого и твердого топлива путем его термической переработки (искусственные газы). Состояние горючего газа определяется его объемом, давлением и температурой. Любое состояние может быть приведено к определенным нормальным условиям, обычно к температуре 0° С и давлению 1,1 МПа. Объем газа в этом случае выражают в кубических метрах. Известно много видов горючих газов, различных по физико-химическим свойствам и теплоте сгорания. Однако из технико-экономической целесообразности для газоснабжения городов применяют только те газы, теплота сгорания которых больше 13–15 МДж/м^3.

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

Характерной особенностью природных газов чисто газовых месторождений является их более или менее постоянный состав.

Попутные газы нефтяных месторождений имеют теплоту сгорания 38–63 МДж/м^3, плотность 0,8–1,5 кг/м^3 и содержат (по объему) метана

44–93%, этана, пропана, бутана и пентана 1–59%, углекислого газа 0,2–11% и азота 0,1–20%.

Состав газов газонефтяных месторождений непостоянен и зависит от природы нефти, величины газового фактора, условий разделения нефтегазовых смесей и др.

Искусственные горючие газы делятся на две группы. К первой группе относятся газы высокотемпературной (1000° С) и среднетемпературной (500–600° С) перегонки, которые получаются при нагревании твердого или жидкого топлива без доступа воздуха. Представителями этой группы являются коксохимические, коксогазовые, газосланцевые и другие газы. Их теплота сгорания составляет 16–18 МДж/м^3, плотность 0,45–0,5 кг/м^3.

Ко второй группе относятся газы без остаточной газификации, получаемые при нагревании топлива с частичным сжиганием его в потоке воздуха, кислорода или их смеси с водяным паром. К ним относятся генераторные и доменные газы. Их низшая теплота сгорания составляет 5,5 МДж/м^3, плотность может быть более 1 кг/м^3.

В горючих, особенно в искусственных, газах содержатся вредные и балластные примеси. Вредными и ядовитыми примесями являются сероводород, аммиак, цианистые соединения и окись углерода. Наиболее опасный и вредный компонент горючих газов — сероводород — высокотоксичный яд, сильно коррозирующий металлы. Содержание в газе кислорода и водяных паров также вызывает явление коррозии металлов. Смола и водяные пары при их конденсации, а также пыль, окалина и нафталин способны уменьшать сечение газопроводов и вызывать их закупорку. Наличие в горючих газах балластных примесей снижает теплотворную способность и увеличивает плотность. И то и другое приводит к увеличению диаметров газопроводов, т.е. вызывает повышенный расход металла и капитальных вложений на сооружение магистралей. Горючие газы, применяемые для газоснабжения населенных мест, должны отвечать требованиям ГОСТ 5542-87.

Содержание вредных примесей в граммах на 100 м^3 газа не должно превышать следующих значений:

сероводорода	2
аммиака	2
меркаптановой серы	3,6
цианистых соединений в пересчете на HCN	5
механических примесей	0,1

Содержание кислорода в горючих газах должно быть не больше 1% (по объему), за исключением смеси сжиженных газов с воздухом. Сжиженные газы, употребляемые для бытовых целей, должны отвечать требованиям ГОСТ 20448-80. Этим ГОСТом предусмотрено, что горючие газы должны обладать характерным запахом. Резкий запах позволяет легко обнаружить газ в помещении и принять срочные меры для ликвидации утечки. Если природные газы не имеют естественного характерного запаха, то им придают этот запах искусственно (одорируют). Характерный запах должен ощущаться при содержании в воздухе даже 1% природного и 0,5% сжиженного газа.

4.2. Нормы и режим потребления газа

В населенных местах газ расходуется жителями, коммунально-бытовыми предприятиями и учреждениями, автотранспортом, промышленностью и теплоэлектростанциями; кроме того, он используется для отопления зданий. Средние нормы расхода газа (в тепловых единицах) на различные нужды определяются по СНиП 2.04.08-87* «Газоснабжение» *(прил. 4, табл. 4.1)*. Как населением, так и промышленностью газ потребляется неравномерно (особенно на нужды отопления). Неравномерность потребления газа в отопительный период находится в прямой зависимости от температуры наружного воздуха. В течение суток меняется расход газа и на бытовые нужды. Промышленные предприятия с непрерывным технологическим процессом потребляют газ более равномерно. Режим расхода газа потребителями различных категорий зависит от многих факторов и может измениться с течением времени. Систему газоснабжения рассчитывают на максимальный часовой расход, определяемый по совмещенному суточному графику потребления газа всеми потребителями.

Расчетный часовой расход газа Q_d^h ($м^3/ч$) на хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды рекомендуется определять как долю годового расхода газа по формуле:

$$Q_d^h = K_{max}^h Q_z, \tag{4.1}$$

где K_{max}^h — коэффициент часового максимума *(прил. табл. 4.2 и 4.3)*, коэффициент перехода от годового расхода к максимальному часовому расходу газа; Q_z — годовой расход газа, $м^3$.

Для каждого района газоснабжения коэффициент часового максимума расхода газа следует принимать дифференцированно, если сети представляют собой самостоятельную систему, гидравлически не связанную с системами других районов. Значения K_{max}^h для населенных мест принимают в зависимости от численности населения, снабжаемого газом, а для коммунально-бытовых потребителей — в зависимости от назначения предприятий.

Расчетный расход газа на технологические и отопительные нужды промышленных предприятий следует определять как долю газового расхода топлива с применением коэффициентов часового максимума и поправкой на изменение КПД оборудования и приборов при работе на газовом топливе. Расчетный часовой расход газа Q_d^h ($м^3/ч$) находят как сумму номинальных расходов газа, принимаемых для приборов с учетом коэффициента одновременного их действия, по формуле:

$$Q_d^h = \sum_{i=1}^{m} K_s q_n n_i, \tag{4.2}$$

где $\sum_{i=1}^{m}$ — сумма произведений величин K_s, q_n, n_i от 1 до m (m — количество типов приборов или группы приборов); K_s — коэффициент одновре-

менности для однотипных приборов или группы приборов; q_n — номинальный расход газа прибором или группой приборов; n_i — количество однотипных приборов или группы приборов.

Все эти значения принимаются по *[11]*.

Количество газа, необходимое для целей отопления, вентиляции и централизованного горячего водоснабжения, вычисляют с учетом максимальных тепловых потоков, определяемых по требованиям *[10]* и теплоты сгорания газа.

4.3. Системы газоснабжения

Газораспределительная система это имущественный производственный комплекс, состоящий из технологически, организационно и экономически взаимосвязанных объектов, предназначенных для транспортировки и подачи газа непосредственно его потребителям.

Газораспределительная сеть состоит из системы наружных газопроводов от источника до ввода газа потребителям, а также сооружения и технические устройства на них.

Источником газораспределения является элемент системы газоснабжения (например, газораспределительная станция — ГРС), служащий для подачи газа в газораспределительную сеть.

Газовое хозяйство населенных мест состоит из следующих основных сооружений: газораспределительных станций ГРС, газгольдерных станций, наружных распределительных газопроводов различного давления, газорегуляторных пунктов ГРП, ответвлений и вводов на объекты, использующие газ, а также из внутренних газопроводов и приборов потребления газа.

В зависимости от максимального рабочего давления газа газопроводы подразделяют на следующие категории:

1 — низкого давления — с давлением газа не более 5 кПа;

2 — среднего давления — с давлением газа от 5 кПа до 0,3 МПа;

3 — высокого давления:

I категория с давлением газа более 0,6 до 1,2 МПа.

II категория с давлением газа 0,3 и до 0,6 МПа.

Газопроводы низкого давления предназначаются для снабжения газом жилых и общественных зданий, а также мелких промышленных и коммунально-бытовых предприятий.

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

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

По числу ступеней давления в газовых сетях системы газоснабжения подразделяются на одно-, двух-, трех- и многоступенчатые. Применение

той или иной схемы определяется величиной населенного пункта, планировкой его застройки, расположением жилой (селитебной) и промышленных зон и расходом газа отдельными потребителями. В небольших населенных пунктах с малым расходом газом и средних городах применяют главным образом двухступенчатые системы, а в крупных — трехступенчатые или многоступенчатые.

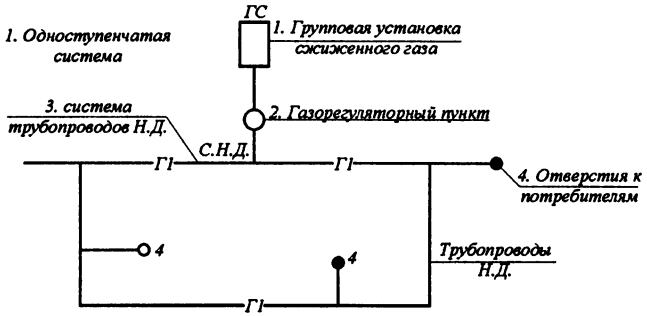


Рис. 4.3.1. Одноступенчатая система газоснабжения населенных мест

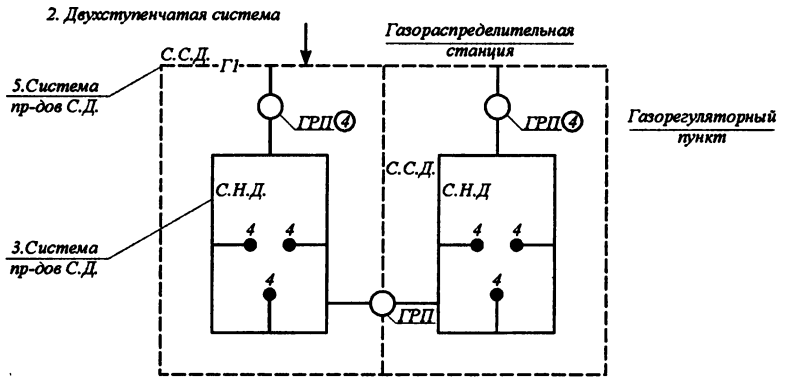


Рис. 4.3.2. Двухступенчатая система газоснабжения населенных мест

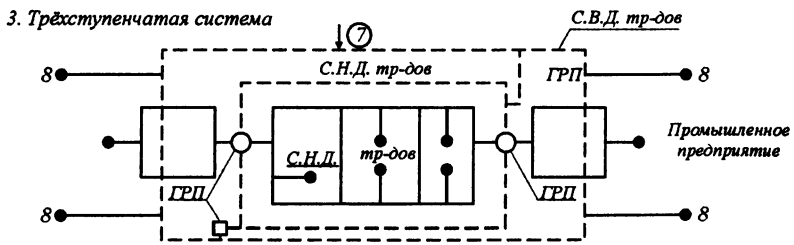


Рис. 4.3.3. Трехступенчатая система газоснабжения населенных мест

Одноступенчатая система распределения газа, состоит из газгольдерной станции низкого давления, конечного газорегуляторного пункта низкого давления, кольцевых газопроводов, ответвлений к потребителям и тупикового газопровода низкого давления.

Двухступенчатая система газоснабжения. Газ среднего давления по газопроводу подводится к газорегуляторным пунктам, размещаемым вне кварталов на свободных от застройки площадях. Из газорегуляторных пунктов после снижения давления газа поступает в газопроводы низкогодавления, из которых через вводы он подводится к внутридомовой сети.

Трехступенчатая система газоснабжения. В этом случае газ от источника подается к отдельным районам города под высоким давлением на газорегуляторные пункты, снижающие до среднего. Внутри размещены ГРП снижающие давление до низкого.

Газорегуляторные пункты (ГРП) и установки (ГРУ) служат для снижения давления газа и поддержания его на необходимом заданном уровне. ГРП обычно сооружают для питания газом распределительных сетей, а ГРУ — для питания отдельных потребителей. ГРП размещают в отдельно стоящих зданиях или шкафах снаружи здания, ГРУ — в помещениях предприятия, где расположены агрегаты, использующие газ.

Могут применяться блочные газорегуляторные пункты заводского изготовления в зданиях контейнерного типа (ГРПБ) и шкафные (ШРП).

Основные требования к размещению ГРП и ГРПБ:

- ГРП следует размещать;
- отдельно стоящими;
- пристроенными к газифицируемым производственным зданиям, котельным и общественным зданиям с помещениями производственного характера;
- встроенными в одноэтажные газифицируемые производственные здания и котельные (кроме помещений, расположенных в подвальных и цокольных этажах);
- на покрытиях газифицируемых производственных зданий I и II степеней огнестойкости класса СО с негорючим утеплителем;
- вне зданий на открытых огражденных площадках под навесом на территории промышленных предприятий.

Таблица 1

Давление газа на вводе в ГРП, ГРПБ, ШРП, МПа	Расстояния в свету от отдельно стоящих ГРП, ГРПБ и отдельно стоящих ШРП по горизонтали, м, до			
	зданий и сооружений	железнодорожных и трамвайных путей (до ближайшего рельса)	автомобильных дорог (до обочины)	воздушных линий электропередачи
До 0,6	10	10	5	Не менее 1,5 высоты опоры
Свыше 0,6 до 1,2	15	15	8	

Примечания:1. Расстояние следует принимать от наружных стен зданий ГРП, ГРПБ или ШРП, а при расположении оборудования на открытой площадке — от ограждения. **2.** Требования таблицы распространяются также на узлы учета расхода газа, располагаемые в отдельно стоящих зданиях или в шкафах на отдельно стоящих опорах. **3**. Расстояние от отдельно стоящего ШРП при давлении газа на вводе до 0,3 МПа до зданий и сооружений не нормируется.

ГРПБ следует размещать отдельно стоящими. Отдельно стоящие газорегуляторные пункты в поселениях должны располагаться на расстояниях от зданий и сооружений не менее указанных в *табл. 1*, а на территории промышленных предприятий и других предприятий производственного назначения — согласно требованиям СНиП II-89-80.

В стесненных условиях разрешается уменьшение на 30% расстояний от зданий и сооружений до газорегуляторных пунктов пропускной способностью до 10000 $м^3$/ч.

Отдельно стоящие здания ГРП и ГРПБ должны быть одноэтажными, бесподвальными, с совмещенной кровлей и быть не ниже II степени огнестойкости и класса СО по пожарной опасности по СНиП 21-01-97*. Разрешается размещение ГРПБ в зданиях контейнерного типа (металлический каркас с несгораемым утеплителем).

ГРП могут пристраиваться к зданиям не ниже II степени огнестойкости класса СО с помещениями категорий Г и Д по нормам противопожарной безопасности. ГРП с входным давлением газа свыше 0,6 МПа могут пристраиваться к указанным зданиям, если использование газа такого давления необходимо по условиям технологии.

Пристройки должны примыкать к зданиям со стороны глухой противопожарной стены, газонепроницаемой в пределах примыкания ГРП. При этом должна быть обеспечена газонепроницаемость швов примыкания.

Расстояние от стен и покрытия, пристроенных ГРП до ближайшего проема в стене должно быть не менее 3 м.

Встроенные ГРП разрешается устраивать при входном давлении газа не более 0,6 МПа в зданиях не ниже II степени огнестойкости класса СО с помещениями категорий Г и Д. Помещение встроенного ГРП должно иметь противопожарные газонепроницаемые ограждающие конструкции и самостоятельный выход наружу из здания.

Стены, разделяющие помещения ГРП и ГРПБ, должны быть противопожарными I типа по СНиП 21-01-97* и газонепроницаемыми. Устройство дымовых и вентиляционных каналов в разделяющих стенах, а также в стенах зданий, к которым пристраиваются ГРП (в пределах примыкания ГРП), не допускается.

Вспомогательные помещения должны иметь самостоятельный выход наружу из здания, не связанный с технологическим помещением.

Двери ГРП и ГРПБ следует предусматривать противопожарными и открываемыми наружу.

Помещения, в которых расположены узлы редуцирования с регуляторами давления отдельно стоящих, пристроенных и встроенных ГРП и ГРПБ, должны отвечать требованиям СНиП 31-03 и СНиП 21-01-97*.

ШРП размещают на отдельно стоящих опорах или на наружных стенах зданий, для газоснабжения которых они предназначены.

Расстояния от отдельно стоящих ШРП до зданий и сооружений должны быть не менее указанных в *табл. 1*. При этом для ШРП с давлением газа

на вводе до 0,3 МПа включительно расстояния до зданий и сооружений не нормируются.

ШРП с входным давлением газа до 0,3 МПа устанавливают:

- на наружных стенах жилых, общественных, административных и бытовых зданий независимо от степени огнестойкости и класса пожарной опасности при расходе газа до 50 $м^3$/ч;
- на наружных стенах жилых, общественных, административных и бытовых зданий не ниже III степени огнестойкости и не ниже класса С1 при расходе газа до 400 $м^3$/ч.

ШРП с входным давлением газа до 0,6 МПа устанавливают на наружных стенах производственных зданий, котельных, общественных и бытовых зданий производственного назначения, а также на наружных стенах действующих ГРП не ниже III степени огнестойкости класса СО.

ШРП с входным давлением газа свыше 0,6 до 1,2 МПа на наружных стенах зданий устанавливать не разрешается.

При установке ШРП с давлением газа на вводе до 0,3 МПа на наружных стенах зданий расстояние от стенки ШРП до окон, дверей и других проемов должно быть не менее 1 м, а при давлении газа на вводе свыше 0,3 до 0,6 МПа — не менее 3 м.

Разрешается размещение ШРП на покрытиях с негорючим утеплителем газифицируемых производственных зданий I, II степеней огнестойкости класса СО со стороны выхода на кровлю на расстоянии не менее 5 м от выхода.

ГРУ могут размещаться в помещении, где располагается газоиспользующее оборудование, а также непосредственно у тепловых установок для подачи газа к их горелкам.

Разрешается подача газа от одной ГРУ к тепловым агрегатам, расположенным в других помещениях одного здания, при условии, что эти агрегаты работают в одинаковых режимах давления газа, и в помещения, где находятся агрегаты, обеспечен круглосуточный доступ персонала, ответственного за безопасную эксплуатацию газового оборудования.

Количество ГРУ, размещаемых в одном помещении, не ограничивается. При этом каждое ГРУ не должно иметь более двух линий регулирования. ГРУ могут устанавливаться при входном давлении газа не более 0,6 МПа.

При этом ГРУ размещаются:

- в помещениях категорий Г и Д, в которых расположены газоиспользующие установки, или в соединенных с ними открытыми проемами смежных помещениях тех же категорий, имеющих вентиляцию по размещенному в них производству;
- в помещениях категорий В1-В4, если расположенные в них газоиспользующие установки вмонтированы в технологические агрегаты производства.

Не допускается размещать ГРУ в помещениях категорий А и Б.

ГРП, ГРПБ, ШРП и ГРУ должны быть оснащены фильтром, предохранительным запорным клапаном (ПЗК), регулятором давления газа, предо-

хранительным сбросным клапаном (ПСК), запорной арматурой, контрольными измерительными приборами (КИП) и узлом учета расхода газа, при необходимости, а также обводным газопроводом (байпасом) с двумя последовательно расположенными отключающими устройствами на нем.

Разрешается не предусматривать устройство байпаса в ШРП, предназначенном для газоснабжения одноквартирного дома.

При давлении на входе свыше 0,6 МПа ГРП или ГРУ с расходом газа свыше 5000 $м^3$/ч, а ШРП — с расходом газа свыше 100 $м^3$/ч должны оборудоваться двумя линиями редуцирования вместо байпаса.

При размещении части запорной арматуры, приборов и оборудования за пределами здания ГРП, ГРПБ или ШРП должны быть обеспечены условия их эксплуатации, соответствующие указанным в паспортах заводов-изготовителей. Оборудование, размещенное за пределами здания ГРП, ГРПБ и ШРП, должно быть ограждено.

Фильтры, устанавливаемые в ГРП, ГРПБ, ШРП и ГРУ, должны иметь устройства для определения перепада давления в нем, характеризующего степень засоренности фильтрующей кассеты при максимальном расходе газа.

ПЗК и ПСК должны обеспечивать соответственно автоматическое прекращение подачи или сброс газа в атмосферу при изменении давления в газопроводе, недопустимом для безопасной и нормальной работы газоиспользующего и газового оборудования.

В ГРП, ГРПБ, ШРП и ГРУ следует предусматривать систему продувочных и сбросных трубопроводов для продувки газопроводов и сброса газа от ПСК, которые выводятся наружу в места, где обеспечиваются безопасные условия для рассеивания газа.

В ГРП, ГРПБ, ШРП и ГРУ следует устанавливать или включать в состав АСУ ТП РГ показывающие и регистрирующие приборы для измерения входного и выходного давления газа, а также его температуры.

В ШРП могут применяться переносные приборы.

Контрольно-измерительные приборы с электрическим выходным сигналом и электрооборудование, размещаемые в помещении ГРП и ГРПБ с взрывоопасными зонами, следует предусматривать во взрывозащищенном исполнении.

КИП с электрическим выходным сигналом в нормальном исполнении должны размещаться снаружи, вне взрывоопасной зоны в закрывающемся шкафу из негорючих материалов или в обособленном помещении, пристроенном к противопожарной газонепроницаемой (в пределах примыкания) стене ГРП и ГРПБ.

Ввод импульсных газопроводов в это помещение для передачи к приборам импульсов давления газа следует осуществлять таким образом, чтобы исключить возможность попадания газа в помещение КИП.

Электрооборудование и электроосвещение ГРП и ГРПБ должны соответствовать требованиям правил устройства электроустановок *[31]*.

По надежности электроснабжения ГРП и ГРПБ поселений следует относить к 3-й категории, а ГРП и ГРПБ промышленных предприятий — по

основному производству. Молниезащита ГРП и ГРПБ должна отвечать требованиям, предъявляемым к объектам II категории молниезащиты.

В системе газоснабжения микрорайона могут быть установлены также комбинированные ГРП, одновременно снижающие давление газа от высокого до среднего, и от среднего до низкого давления.

При выборе схемы распределительной сети следует помнить, что самой рациональной будет та, которая удовлетворяет следующим требованиям:

– обеспечивает подачу всем потребителям расчетного количества газа заданного давления;
– имеет наименьшие строительную и эксплуатационную стоимости;
– надежной в работе.

Тип распределительной сети для данного объекта выбирают в зависимости от конкретных местных условий: характера застройки, наличия тех или иных потребителей, необходимого давления газа, поступающего к объекту.

4.4. Трассировка сетей и размещение сооружений

По начертанию в плане системы распределения газа делятся на тупиковые, кольцевые и смешанные. Конфигурация газовых сетей, а также принимаемые в них рабочие давления в условиях города влияют на размещение газораспределительные станции (ГРС) и газорегуляторные пункты (ГРП). С целью обеспечения бесперебойности газоснабжения следует проектировать кольцевые и смешанные сети. Тупиковые сети сооружают только в тех случаях, когда возможен перерыв в подаче газа на объект потребления. При трассировке газопроводов, исходя из экономических соображений, следует стремиться к тому, чтобы газ из сети поступал на объект по наикратчайшему расстоянию.

Сети и сооружения необходимо проектировать с учетом очередности их строительства и дальнейшего развития. Проектируя трассу газопровода по незастроенным территориям, нужно учитывать возможность и характер будущей застройки. Газопроводы высокого давления трассируют по окраине населенного места или по районам с малой плотностью населения, а газопроводы среднего и низкого давления — по всем улицам, причем газопроводы больших диаметров по возможности следует прокладывать по улицам с неинтенсивным движением.

Газовые сети обычно прокладывают в земле (подземные прокладки). На территориях промышленных и коммунально-бытовых предприятий возможно применение надземной прокладки по стенам и крышам зданий, по колоннам и эстакадам. Допускается надземная прокладка внутриквартальных (дворовых) газопроводов на опорах и по фасадам зданий. Разрешается прокладывать два и более газопровода в одной траншее, но в этом случае расстояния между газопроводами в свету следует назначать из условия удобства монтажа и ремонта трубопроводов (не менее 0,4 м при диаметре труб до 300 мм и не менее 0,5 м при больших диаметрах).

Газопроводы, транспортирующие влажный газ, прокладывают ниже уровня промерзания грунта (считая до верха трубы). Для стока и удаления конденсируемой влаги их кладут с уклоном не менее 0,002 и в нижних точках размещают сборники конденсата. Газопроводы, транспортирующие осушенный газ, прокладывают в зоне промерзания грунта на глубине 1,2 м от поверхности земли.

Газовые сети сооружаются из металлических и пластмассовых труб. Их диаметры и протяженность в значительной степени зависят от количества и расположения ГРС и ГРП. При выборе количества и мест размещения ГРС и ГРП необходимо учитывать поддержание заданного режима работы газовых сетей, возможность дублирования одного сооружения другим при аварии, соблюдение оптимального расстояния до наиболее удаленных точек, питаемых данным сооружением. Для приближенных расчетов рекомендуется принимать расстояние между ГРС по внешнему кольцу сети в пределах 10–15 км, если на каждый километр длины кольца в среднем приходится 50–100 тыс. $м^3$ расхода газа в сутки, радиус действия ГРП 500–1000 м и пропускную способность одного ГРП 500–5000 $м^3/ч$.

4.5. Проектирование сетей газоснабжения

Проектирование и строительство новых, реконструкцию и развитие действующих газораспределительных систем осуществляют в соответствии со схемами газоснабжения, разработанными в составе федеральной, межрегиональных и региональных программ газификации субъектов Российской Федерации в целях обеспечения предусматриваемого этими программами уровня газификации жилищно-коммунального хозяйства, промышленных и иных организаций.

Газораспределительная система должна обеспечивать подачу газа потребителям в необходимом объеме и требуемых параметров.

Для неотключаемых потребителей газа, перечень которых утверждается в установленном порядке, имеющих преимущественное право пользования газом в качестве топлива и поставки газа которым не подлежат ограничению или прекращению, должна быть обеспечена бесперебойная подача газа путем закольцевания газопроводов или другими способами.

Внутренние диаметры газопроводов должны определяться расчетом из условия обеспечения газоснабжения всех потребителей в часы максимального потребления газа.

Качество природного газа должно соответствовать ГОСТ 5542-87, сжиженного углеводородного газа (далее — СУГ) — ГОСТ 20448-90 и ГОСТ 27578-87.

После того как произведена трассировка газовой сети, составляют расчетные схемы. При небольшом количестве потребителей с известными рас-

ходами и давлением газа составить схему и определить расчетные расходы на каждом участке сети.

Для городских распределительных сетей, где количество потребителей велико, принимают упрощенную схему разбора газа, условно допуская равномерное потребление газа по всей длине газопровода.

При проектировании систем газоснабжения следует руководствоваться указаниями «Правил безопасности в газовом хозяйстве» (ПБ-12-245-98 от 30.11.98г.) и «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПР-10-115-95 от 18.04.95г.), утвержденных Госгортехнадзором России; «Правил пользования газом в народном хозяйстве», утвержденных Мингазпромом, «Правил устройства электроустановок» (ПЭУ), утвержденных Минэнерго России; СНиП42-01-2002; СНиП 2.04.08-87*, СНиП 3.05.02-88.

Давление газа в газопроводах, прокладываемых внутри зданий, следует принимать не более значений, приведенных в *прил. 4, табл. 4.4*. На газопроводах в жилых и общественных зданиях, детских учреждениях, учебных заведениях, магазинах, парикмахерских отключающие устройства устанавливают:

- на вводах в здания;
- при устройстве от одного ввода двух и более стояков — на каждом стояке, обслуживающем более четырех этажей;
- перед счетчиками;
- перед каждым газовым прибором;
- на ответвлениях к отопительным печам или приборам;
- на газопроводах перед горелками газовых, бытовых приборов, пищеварочных котлов, ресторанных плит, отопительных печей.

Вводы газопроводов в жилые здания должны предусматриваться в нежилых, доступных для осмотра газопроводов помещениях (например, кухни, теплогенераторные). Устройство вводов газопроводов низкого давления в технические подполья и технические коридоры и разводка по этим помещениям жилых и общественных зданий, допускается только при подводке к указанным зданиям наружных газопроводов во внутриквартальных коллекторах в соответствии с требованиями по проектированию внутриквартальных инженерных коммуникаций.

Вводы газопроводов в общественные здания, предприятия общественного питания, объекты коммунально-бытового хозяйства надлежит предусматривать непосредственно в помещения, где установлены газовые приборы.

Согласно «Правилам пользования газом в народном хозяйстве», в проекте должна быть обеспечена высокая эффективность использования газа в результате принятия оптимальных проектных решений, выбранных на основе вариантных проработок, применения наиболее экономичных технологических схем, процессов и оборудования, отвечающих современным дос-

тижениям науки и техники, наиболее полного использования теплоты отходящих газов в различных технологических процессах.

Критерием эффективности работы установок, использующих газовое топливо, является КПД агрегатов и удельный расход условного топлива на единицу выработанной продукции.

Газораспределительные сети, резервуарные и баллонные установки, газонаполнительные станции и другие объекты СУГ должны быть запроектированы и построены так, чтобы при восприятии нагрузок и воздействий, действующих на них в течение предполагаемого срока службы, который может устанавливаться заданием на проектирование, были обеспечены необходимые по условиям безопасности их прочность, устойчивость и герметичность. Не допускаются температурные и другие деформации газопроводов (в том числе от перемещений грунта), которые могут привести к нарушениям их целостности и герметичности.

Выбор способа прокладки и материала труб для газопровода на выходе из ГРС следует предусматривать с учетом пучинистости грунта и других гидрогеологических условий, а также с учетом температуры газа, подаваемого из ГРС.

Расчет газопроводов на прочность должен включать определение толщины стенок труб и соединительных деталей и напряжений в них. При этом для подземных и наземных стальных газопроводов следует применять трубы и соединительные детали с толщиной стенки не менее 3 мм, для надземных и внутренних газопроводов — не менее 2 мм.

Характеристики предельных состояний, коэффициенты надежности по ответственности, нормативные и расчетные значения нагрузок и воздействий и их сочетания, а также нормативные и расчетные значения характеристик материалов следует принимать в расчетах с учетом требований ГОСТ 27751-88 и СНиП 2.01.07-85*.

При строительстве в районах со сложными геологическими условиями и сейсмическими воздействиями должны учитываться специальные требования СНиП II-7-81, СНиП 2.01.15-90, СНиП 2.01.09-91 и предусматриваться мероприятия, обеспечивающие прочность, устойчивость и герметичность газопроводов.

Стальные газопроводы должны быть защищены от коррозии.

Подземные и наземные с обвалованием стальные газопроводы, резервуары СУГ, стальные вставки полиэтиленовых газопроводов и стальные футляры на газопроводах (далее — газопроводы) следует защищать от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами в соответствии с требованиями ГОСТ 9.602-89.

Стальные футляры газопроводов под автомобильными дорогами, железнодорожными и трамвайными путями при бестраншейной прокладке (прокол, продавливание и другие технологии, разрешенные к применению) должны быть, как правило, защищены средствами электротехнической за-

щиты (ЭХЗ), при прокладке открытым способом — изоляционными покрытиями и ЭХЗ.

Надземные и внутренние стальные газопроводы следует защищать от атмосферной коррозии в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11-85.

Газораспределительные системы поселений с населением более 100 тыс. чел. должны быть оснащены автоматизированными системами дистанционного управления технологическим процессом распределения газа и коммерческого учета потребления газа (АСУ ТП РГ). Для поселений с населением менее 100 тыс. чел. решение об оснащении газораспределительных систем АСУ ТП РГ принимается эксплуатирующими организациями или заказчиком.

Для строительства газораспределительных систем должны применяться материалы, изделия, газоиспользующее и газовое оборудование по действующим стандартам и другим нормативным документам на их поставку, сроки службы, характеристики, свойства и назначение (области применения) которых, установленные этими документами, соответствуют условиям их эксплуатации.

Пригодность для применения в строительстве систем газораспределения новых материалов, изделий, газоиспользующего и газового оборудования, в том числе зарубежного производства, при отсутствии нормативных документов на них должна быть подтверждена в установленном порядке техническим свидетельством Госстроя России.

Для подземных газопроводов следует применять полиэтиленовые и стальные трубы. Для наземных и надземных газопроводов следует применять стальные трубы. Для внутренних газопроводов низкого давления разрешается применять стальные и медные трубы.

Стальные бесшовные, сварные (прямошовные и спиральношовные) трубы и соединительные детали для газораспределительных систем должны быть изготовлены из стали, содержащей не более 0,25% углерода, 0,056% серы и 0,046% фосфора.

Выбор материала труб, трубопроводной запорной арматуры, соединительных деталей, сварочных материалов, крепежных элементов и других следует производить с учетом давления газа, диаметра и толщины стенки газопровода, расчетной температуры наружного воздуха в районе строительства и температуры стенки трубы при эксплуатации, грунтовых и природных условий, наличия вибрационных нагрузок.

Величина ударной вязкости металла труб и соединительных деталей с толщиной стенки 5 мм и более должна быть не ниже 30 Дж/см^2 для газопроводов, прокладываемых в районах с расчетной температурой ниже –40° С, а также (независимо от района строительства) для газопроводов:

– давлением свыше 0,6 МПа, диаметром свыше 620 мм;
– подземных, прокладываемых в районах сейсмичностью свыше 6 баллов;
– испытывающих вибрационные нагрузки;

– подземных, прокладываемых в особых грунтовых условиях (кроме слабопучинистых, слабонабухающих, просадочных I типа);
– на переходах через естественные преграды и в местах пересечений с железными дорогами общей сети и автодорогами I–III категорий.

При этом величина ударной вязкости основного металла труб и соединительных деталей должна определяться при минимальной температуре эксплуатации.

Сварные соединения труб в газопроводах по своим физико-механическим свойствам и герметичности должны соответствовать основному материалу свариваемых труб. Типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений должны соответствовать действующим стандартам. Для стальных подземных газопроводов должны применяться стыковые и угловые соединения, для полиэтиленовых — соединения встык нагретым инструментом или при помощи деталей с закладными электронагревателями (ЗН). Швы не должны иметь трещин, прожогов, незаваренных кратеров, а также недопустимых в соответствии с требованиями нормативных документов или проекта смещений кромок, непровара, включений, пор, несоосности труб и других дефектов, снижающих механические свойства сварных соединений.

У каждого сварного соединения наружных газопроводов должно быть нанесено обозначение (номер, клеймо) сварщика, выполнившего это соединение.

Размещение сварных соединений в стенах, перекрытиях и в других конструкциях зданий и сооружений не допускается.

Герметичность трубопроводной запорной и регулирующей арматуры (затворов кранов и задвижек) с условным проходом до 80 мм, устанавливаемой на газопроводах с природным газом, должна быть не ниже класса В, свыше 80 мм — не ниже класса С, а герметичность арматуры, устанавливаемой на газопроводах жидкой фазы СУГ, должна быть не ниже класса А по ГОСТ 9544-93.

Строительство и реконструкцию газораспределительных систем следует осуществлять в соответствии с проектом, утвержденным в установленном порядке, а также с учетом СНиП 3.01.01-85.

При проектировании и строительстве газораспределительных систем следует предусматривать мероприятия по охране окружающей среды в соответствии с действующим законодательством.

Границы охранных зон газораспределительных сетей и условия использования земельных участков, расположенных в их пределах, должны соответствовать Правилам охраны газораспределительных сетей, утвержденным Правительством Российской Федерации.

Работоспособность и безопасность эксплуатации газораспределительных систем должны поддерживаться и сохраняться путем проведения технического обслуживания и ремонта в соответствии с эксплуатационной

документацией, техническими регламентами, Правилами безопасности в газовом хозяйстве, утвержденными Госгортехнадзором России, и другими документами.

4.6. Выбор расчетной схемы сетей и расчетные нагрузки

В каждой сети можно наметить основные направления потоков газа, определяемые конфигурацией сети, расположением точек питания (регуляторов и т.д.) и расположением крупных потребителей газа. К крупным потребителям и в удаленные районы подача газа обычно намечается кратчайшим от источника направлением. Эти газопроводы являются транзитными.

Газопроводы, направление которых близко к перпендикулярному по отношению к транзитным газопроводам и предназначаются для питания прилегающих к ним потребителей, называются распределительными. Они, в свою очередь, получают питание от транзитных газопроводов. Такую же роль выполняют и периферийные газопроводы. Их целесообразно использовать как транзитные ввиду относительно большой протяженности пути транспортируемого газа, несмотря на то, что общее направление их совпадает с основными направлениями потока газа. Эти газопроводы также следует рассматривать как распределительные.

Транзитные газопроводы для выравнивания нагрузки в различные периоды эксплуатации и для обеспечения надежности работы всей системы соединяют несколькими поперечными линиями. В результате, сеть основных газопроводов принимает вид замкнутых колец. Эта сеть и подвергается гидравлическому расчету. При расчете сетей задаются начальным и конечным давлением. Для газопроводов высокого и среднего давления за начальное принимают выходное давление газораспределительной станции города или района, то есть 0,6–1,2 МПа или 0,3 МПа. Конечное давление задается из условий обеспечения нормальной работы газорегуляторных пунктов в наиболее удаленных точках сети и обеспечения работы газогорелочных устройств без принудительной подачи воздуха. На практике для газопроводов высокого давления конечное давление принимают равным 0,15–0,2 МПа, а для газопроводов среднего давления 0,1–0,12 МПа. Для газопроводов низкого давления за начальное давление на выходе газорегуляторных пунктов принимают давление:

– 3 кПа при номинальном давлении у газовых приборах 2 кПа;

– 2 кПа при номинальном давлении у газовых приборах 1,3 кПа.

Номинальное давление перед газовыми приборами 2 кПа принимают для вновь газифицируемых городов и населенных пунктов природным газом с низшей теплотой сгорания 33600–40000 кДж/м^3, а давление 1,3 кПа допускается принимать для ранее газифицируемых городов и поселков.

К газовой сети присоединяются большое число потребителей, расположенных на различных расстояниях друг от друга. Величина расхода для

этих потребителей неодинакова и неопределенна, т.к. расходы колеблются в различные часы суток.

При составлении проекта газоснабжения города расчету подвергают не всю городскую сеть, а лишь основные газопроводы, от которых получают газ распределительные линии, домовые ответвления и крупные потребители. В связи с этим действительный учет сосредоточенных расходов, соответствующий всем домовым ответвлениям, даже для небольших населенных пунктов весьма затруднителен. Кроме того, неопределенность отдельных домовых расходов по времени не дает достаточно точной картины газоразбора. Поэтому при расчете городских газопроводов низкого давления обычно принимают условную расчетную схему газоразбора, для которой расчетные расходы газа на отдельных участках могут быть найдены более просто. Для этого весь расход газа условно принимают равномерным по длине сети. Следовательно, количество газа, расходуемого участком, пропорционально его длине. Эта условность, как показала практика, вполне допустима и на результаты расчета не оказывает существенного влияния. Расход, приходящий на 1м длины сети, называют удельным расходом и обозначается:

$$q_{уд} = \Sigma q / \Sigma l, \qquad (4.6.1)$$

где Σq — общий расход газа, м^3/ч; Σl — общая протяженность сети, расходующий газ, м.

Удельный расход определяется по расчетному расходу. Если расчету подвергается уличная сеть, то Σl выражает длину участков уличных газопроводов. В крупных городах с неодинаковой плотностью населения для различных районов города удельные расходы вычисляют отдельно для каждого района. Таким образом, в городских сетях, рассчитываемых по методу удельных расходов, фактические точки газоразбора заменяют газоразборными участками. При этом общий расход газа городом условно распределяют по отдельным участкам пропорционально их длине. Расход газа для каждого участка называется путевым расходом. Величина его определяется удельным расходом и длиной участка:

$$Q_n = q_{уд} \cdot l. \qquad (4.6.2)$$

Кроме метода распределения общего расхода газа по отдельным участкам пропорционально их длине, применяют и другие методы, как например, определение газоотдачи каждого участка в зависимости от обслуживаемой им площади города или района и от плотности застройки.

При расчете городских газовых сетей обычно не все количество газа, подаваемого в город, распределяется равномерно по отдельным участкам сети. В городе всегда имеются потребители, которые выделяются по потреблению газа. К таким относятся многие промышленные предприятия и котельные, а также коммунальные предприятия и другие. Этих потребите-

лей следует выделять из общей массы и в соответствующих точках сети для них намечать сосредоточенные расходы, соответствующие фактическим. Таким образом, городская газовая сеть имеет смешанный газоразбор, состоящий из равномерно распределенных и сосредоточенных расходов.

При расчете газовой сети с небольшим числом потребителей, а также при расчете промышленных предприятий сеть рассчитывается по действительным расходам, сосредоточенных в местах ответвлений. Способ расчета сети по действительным расходам, сосредоточенным в отдельных ее точках, называется расчетом по сосредоточенным расходам. Расчетные расходы для сети с небольшим числом ответвлений одинаковы по всей длине каждого участка и равны расходу. Сосредоточенному в конечной точке участка, плюс расход, проходящий через данный участок транзитом для питания последующих точек газоразбора.

$$Q_p = Q_{mp} + Q_n, \tag{4.6.3}$$

Расчетный расход на участке, который имеет переменную нагрузку, будем называть такой постоянный расход, который эквивалентен по создаваемой потере давления совместному действию путевого и транзитного расходов, определяется по формуле:

$$Q_p = Q_{mp} + \alpha Q_n, \tag{4.6.4}$$

где α — переменный коэффициент, зависящий от отношения транзитного расхода к путевому расходу Q_{mp}/Q_n, значения коэффициента α для различных отношений приведены в *табл. 1.*

Таблица 1

Значения коэффициента α

Q_{mp}/Q_n	1/100	1/10	1	10	100
α	0,576	0,565	0,525	0,5	0,5

При расчете газовых сетей значения α обычно принимают равным 0,55 или 0,5. В этом случае величину расчетного расхода определяют по формуле:

$$Q_p = Q_{mp} + 0{,}55Q_n, \tag{4.6.5}$$

или

$$Q_p = Q_{mp} + 0{,}5Q_n, \tag{4.6.6}$$

Определение узловых расходов становится простым и удобным при пользовании расчетным расходом с коэффициентом $\alpha = 0{,}5$. В этом случае путевой расход каждого участка делится пополам и заменяется двумя сосредоточенными расходами $Q_n/2$, приложенными в начальной и конечной точках участка. При α=0,5 в общем виде:

$$Q_{узл} = 0{,}5\Sigma Q_n. \tag{4.6.7}$$

За расчетный участок при расчете по сосредоточенным расходам принимается линия, на которой расход постоянен. При расчете по удельным расходам за расчетный участок принимают линию, расположенную между двумя узловыми точками сети, где нет сосредоточенных расходов.

Пример 4.6.1. Даны путевые и сосредоточенные расходы: $Q_{п4\text{-}1}$=80 $м^3/ч$; $Q_{п1\text{-}2}$=60 $м^3/ч$; $Q_{п2\text{-}3}$=40 $м^3/ч$; $Q_{п3\text{-}4}$=120 $м^3/ч$; $Q_{п2\text{-}5}$=140 $м^3/ч$; $Q_{п1\text{-}6}$=100 $м^3/ч$; $Q_{п3\text{-}7}$=150 $м^3/ч$; $Q_{5соср}$=200 $м^3/ч$; Требуется определить расчетные расходы на участках сети.

Решение. Сначала определяем транзитные расходы. Расчет начинаем с концевого участка.

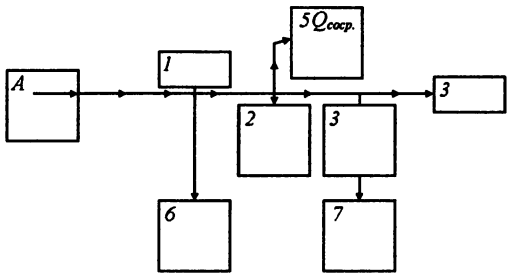


Рис. 4.6.1. Схема для определения расчетных расходов на участках сети:
$Q_{тр3\text{-}4}$=0; $Q_{тр2\text{-}3}$= $Q_{п3\text{-}4}$+ $Q_{п3\text{-}7}$; $Q_{тр1\text{-}2}$= $Q_{п3\text{-}4}$ + $Q_{п3\text{-}7}$+ $Q_{п2\text{-}3}$+ $Q_{п2\text{-}5}$+ $Q_{5соср}$;
$Q_{трА\text{-}1}$= $Q_{п3\text{-}4}$ + $Q_{п3\text{-}7}$+ $Q_{п2\text{-}3}$+ $Q_{п2\text{-}5}$+ $Q_{п1\text{-}2}$ + $Q_{п1\text{-}6}$+ $Q_{5соср}$

По транзитным и путевым расходам определяем расходы участков сети:

$$Q_{расч\ 3\text{-}4} = Q_{тр\ 3\text{-}4} + 0{,}5Q_{п\ 3\text{-}4} = 0 + 0{,}5 \cdot 120 = 60\ м^3/ч;$$

$$Q_{расч\ 2\text{-}3} = 120 + 150 + 0{,}5 \cdot 40 = 290\ м^3/ч;$$

$$Q_{расч\ 1\text{-}2} = 120 + 150 + 40 + 140 + 200 + 0{,}5 \cdot 60 = 680\ м^3/ч;$$

$$Q_{расч\ А\text{-}1} = 120 + 150 + 40 + 140 + 60 + 100 + 200 + 0{,}5 \cdot 80 = 850\ м^3/ч;$$

$$Q_{расч\ 3\text{-}7} = 0{,}5 \cdot 150 = 75\ м^3/ч;$$

$$Q_{расч\ 2\text{-}5} = 200 + 0{,}5 \cdot 140 = 270\ м^3/ч;$$

$$Q_{расч\ 1\text{-}6} = 0{,}5 \cdot 100\ м^3/ч.$$

5. ГОРОДСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

5.1. Источники и режимы электроснабжения

Одним из основных элементов генерального плана развития города является схема его электроснабжения, которая разрабатывается комплексно с учетом развития энергетики всего энергетического района.

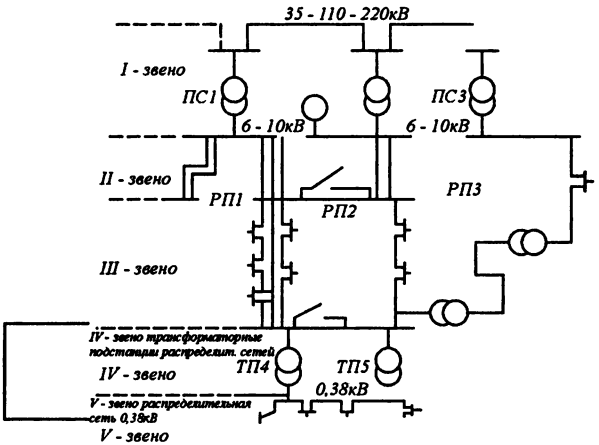


Рис. 5.1.1. Схема электроснабжения города:

I – звено электроснабжающая сеть напряжением 35 кв и выше в состав которой входят, также понижающие подстанции питающие их линии; *II* – звено — питающая сеть 6–10 кв как совокупность распределительных подстанций; *III* – звено — распределительная сеть 6–10 кв, ее питание осуществляется от РП и непосредственно от центров питания; *IV* – звено — трансформаторные подстанции распределительных сетей; *V* – звено распределительная сеть 0,38 кв

Подобные схемы позволяют предусматривать при планировании города или микрорайона места для размещения энергетических сооружений (ЭС), понижающих станций и трансформаторных подстанций (ПС, ТП), питающих и распределительных линий, электроприемников и других источников. Согласно существующим директивным положениям, населенные места снабжаются электроэнергией централизованно, т.е. от действующих в данном месте электроэнергетических объектов (воздушных линий, электростанций), являющихся элементами энергосистем. Только при невозможности подобного присоединения требуется проектирование самостоятельных электростанций.

Энергетической системой 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, элек-

трифицированный транспорт). Кроме того, на режим электропотребления оказывает влияние колебание 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 нерабочие дни.

Распределение нагрузки энергосистемы между электростанциями производится по критериям минимума расхода топлива. 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.

5.2. Схемы и устройство городских электрических сетей

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;
- распределительные 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.

К понижающим подстанциям относятся:

- городские подстанции (35–220 кВ), располагающиеся в непосредственной близости к границам города;
- подстанции глубоких вводов (110–220 кВ), сооруженные непосредственно на территории районов и в промышленных зонах крупных городов;
- трансформаторные подстанции (10–20/0,38 кВ) коммунально-бытовых и промышленных потребителей энергии.

Подстанции и распределительные пункты (РП) обычно сооружаются как отдельно стоящие здания. 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. В настоящее время широко используются следующие основные направления развития систем энергосбережения городов:

- внедрение прогрессивной системы напряжения 110/10 кВ с переводом действующих сетей 6 кВ на напряжение 10 кВ и сетей 35 кВ на напряжение 110 кВ;

– образование сети временного электроснабжения города, обеспечивающей связь с внешними источниками питания и центрами питания города 220 кВ и выше между собой;
– организация внутригородских систем глубоких вводов 110 кВ;
– применение подстанций 110/10 кВ;
– использование кабельных линий 110 кВ и выше с пластмассовой изоляцией.

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 функции-онирования 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 электроэнергии 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 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 суток.

Сложность выбора и обоснование схемы электроснабжения городских территорий обусловлена наличием на них потребителей всех трех категорий. Повышение этажности домов, рост благоустройства и инженерного обеспечения ведут к непрерывному увеличению электрических нагрузок и доли потребителей I и II категорий.

В городах создают сложные системы электроснабжения, обслуживающие всех потребителей, независимо от ведомственной принадлежности. Основное направление в обслуживании потребителей электроэнергией — обеспечение надежности и бесперебойности питания, с заданными характеристиками по частоте и напряжению тока. Современные электрические приборы (компьютеры, телевизоры, кондиционеры посудомоечные и сти-

ральные машины и т.д.) очень чувствительны к колебанию напряжения в сети. Даже при работе ламп накаливания снижение напряжения на 5% уменьшает световой поток на 20%, а повышение напряжения на 5% несколько увеличит светоотдачу, но в 2,5 раза сократит срок службы.

Использование в городских электрических системах трансформаторных подстанций различного назначения позволяет оптимизировать схемы электроснабжения, сократить потери при передаче электроэнергии, а также уменьшить затраты на строительство и эксплуатацию систем электроснабжения в городах.

При проектировании систем электроснабжения необходимо разработать конкретные предложения по комплексному и рациональному использованию энергетических ресурсов и составлению принципиальной схемы, обеспечивающей потребности производства и населения.

В соответствии с этим необходимо следующее:

- охарактеризовать энергоресурсы, энергетические сети и системы района;
- выявить недостатки и диспропорции в существующей структуре энергопотребления в энергетическом хозяйстве и определить пути их преодоления в перспективе;
- рассчитать энергопотребление на первую очередь и расчетный срок;
- составить энергетические балансы;
- разработать принципиальные предложения по энергоснабжению города, поселков, населенных пунктов, промышленных предприятий, сельскохозяйственных объектов и зон массового отдыха.

Характеристика современного электроснабжения включает:

- показатели общего состояния электрических сетей и сетевых устройств;
- источников электроснабжения и их связь с данной и соседними энергосистемами;
- краткий обзор развития энергоснабжения в прошедшие годы с указанием основных экономических показателей энергосистемы и электроустановок;
- структуру потребления по отраслям хозяйства;
- удельные нормы электропотребления и отчетный баланс активной мощности и электроэнергии энергосистемы.

6. ПРИНЦИПЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СЕТЕЙ В ГОРОДАХ И МИКРОРАЙОНАХ

6.1. Размещение подземных сетей в плане

Инженерные сети прокладываются преимущественно по улицам и дорогам. Для этой цели в поперечных профилях улиц и дорог предусматриваются места для укладки сетей различного назначения. Так, на полосе между красной линией и линией застройки укладываются кабельные сети (силовые, связи, сигнализации и 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, а также обеспечивать возможность ремонта сетей без затруднений движения городского транспорта.

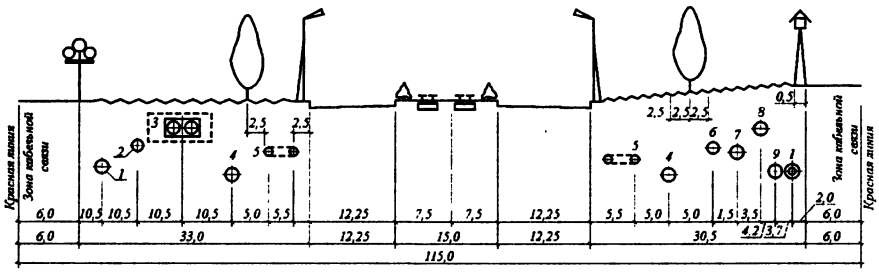


Рис. 6.1.1. Размещение инженерных сетей на магистральной улице с трамвайной полосой:
1 – сборные трубопроводы ливневой канализации; *2* – производственный водопровод; *3* – теплопроводы; *4* – магистральная линия ливневой канализации; *5* – распределительная сеть водопровода; *6* – газопровод среднего давления; *7* – газопровод высокого давления; *8* – магистральный водопровод; *9* – хозяйственно-бытовая канализация

Выбор схемы прокладки инженерных сетей в микрораонах зависит от рельефа и планировочных решений. В отдельных случаях возможно одновременное применение различных приемов прокладки инженерных коммуникаций.

При совместной прокладке инженерных сетей в полупроходных каналах размещаются такие сети, как водопровод, теплопроводы, канализация, поливочный водопровод, горячее водоснабжение.

Газоснабжение и низковольтные электрокабели рекомендуется прокладывать отдельно в самостоятельных траншеях. Это связано со следующими обстоятельствами:

– совместная прокладка в каналах электрокабелей и трубопроводов рентабельна лишь на участках, где их трассы совпадают. Устройство специальных каналов только для прокладки кабелей не может быть рекомендовано, так как это приводит к значительному удорожанию

электрических сетей. Рытье же не глубоких траншей не вызываетособых затруднений.

– прокладка газовых сетей совместно с другими инженерными коммуникациями допускается только при условии устройства проходных каналов, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией. Эти дополнительные требования приводят к значительному повышению стоимости строительства.

Для прокладки инженерных сетей можно использовать каналы под зданиями. Каналы под зданиями проектируются с таким расчетом, чтобы для одной из стенок канала можно было использовать фундамент здания, а для перекрытия — пол первого этажа. Особое внимание должно быть обращено на санитарные требования при проектировании канализационных сетей в полупроходных каналах под зданиями, в подвалах зданий. Для обеспечения этих требований должно выполняться следующие условия:

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

– трубопроводы канализации необходимо выполнять из напорных неметаллических труб (асбестоцементных, пластмассовых), с соблюдением полной герметичности соединений;

– устройства для прочистки канализационных линий следует выносить за пределы зданий;

– приточную вентиляцию канализационной сети необходимо устраивать путем установки вентиляционных решеток с наружной стороны цоколя дома;

– трубопроводы теплоснабжения и горячего водоснабжения необходимо выполнять из стальных труб на сварке с гидравлическим испытанием на повышенное давление;

– запорная и другая арматура на водороводных и тепловых сетях должна выносится за пределы канала.

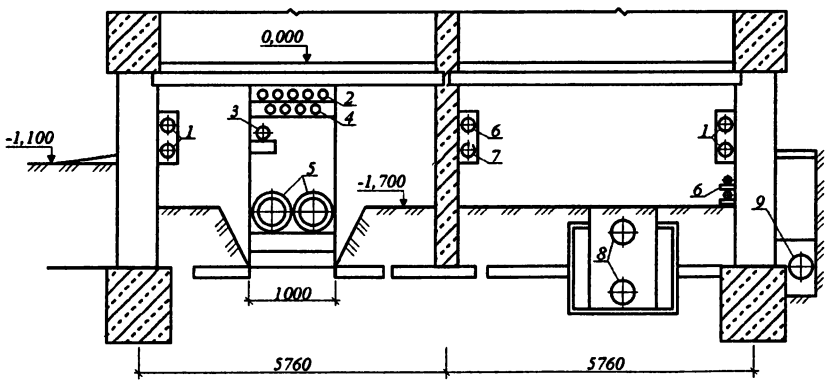


Рис. 6.1.2. Прокладка инженерных сетей под и рядом со зданием в подвалах:

1 – теплопроводы; *2* – телефонные кабели; *3* – магистральный трубопровод холодного водоснабжения; *4* – электрокабели; *5* – магистральные трубопроводы тепловой сети; *6* – трубопроводы горячего водоснабжения; *7* – водопровод холодной воды; *8* – трубопроводы канализационные; *9* – дренаж

Пример расположения в плане подземных инженерных сетей показан на *рис. 6.3.1*. В *прил. 6, табл. 6.1* даны расстояния между отдельными видами инженерных сетей.

В *прил. 6, табл. 6.1* приведены расстояния между инженерными сетями относительно друг друга.

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:

- 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) $\geq 2{,}5$ м.

Расстояние в плане от обреза футляра, а в случае устройства в конце футляра колодца от наружной поверхности стены колодца, устанавливается следующим образом:

- при пересечении железных дорог — 8 м от оси крайнего пути, 5 м от подошвы насыпи и 3м от бровки выемки и от крайних водоотводящих сооружений (кюветов, лотков и дренажей);
- при пересечении автомобильных дорог — 3 м от бровки земляного полотна или подошвы насыпи, бровки выемки или другого водоотводного сооружения.

Внутренний диаметр футляра при прокладке в нем линий водопроводов, теплопроводов и канализации принимается на 200 мм больше наружного диаметра прокладываемого 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.

6.2. Размещение инженерных сетей в вертикальной плоскости

При подземной укладке инженерных сетей должны соблюдаться 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 0,5 м. 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 в исключительных случаях водопроводные линии прокладывать 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 крупноблочных грунтах;
- канализационные трубопроводы в местах пересечения прокладываются из чугунных труб;
- допускается прокладка водопроводных вводов диаметром до 150 мм ниже канализационных без устройства футляров, если расстояние в свету между трубопроводами будет больше 0,5 м;
- теплопроводы открытых систем теплоснабжения и трубопроводы горячего водоснабжения разрешается прокладывать ниже или выше канализационных сетей, если расстояние между ними будет составлять не менее 0,4 м.

Расстояние между трубопроводами различного назначения принимается равным 0,2 м, за исключением (как уже указывалось): водопроводных, пересекающихся с канализационными и трубопроводами ядовитых и дурнопахнущих жидкостей.

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

- между силовыми кабелями до 35 кВ и кабелями связи и трубопроводами — 0,5м;
- 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 трубы, футляра или электрокабеля) осуществляется на глубине 1,0 м при открытом способе производства работ и на глубине 1,5 м при закрытом (продавливание, горизонтальное бурение или щитовая проходка).

Раздельная прокладка трубопроводов предполагает монтаж различных сетей независимо друг от друга и в разное время. Следовательно, для каждого отдельного случая необходимо будет производить земляные работы связанные с рытьем траншей. Такая прокладка целесообразна, когда происходит замена старых отслуживших сетей на новые. Работы подобного рода производятся при реконструкции инженерных сетей в городах. Раздельная прокладка требует больших разрывов между трубопроводами и в целом больших объемов земляных работ. Такой вид прокладки может иметь место также тогда, когда работы осуществляются разными строительными организациями в несогласованные сроки и нередко растягиваются на длительное время. В таком случае нарушается нормальное пешеходное и транспортное движение на улицах.

При строительстве жилых комплексов, кварталов, микрорайонов более приемлем и целесообразен совмещенный способ прокладки подземных сетей в одной траншее. Практика строительства показывает, что стоимость при совмещенной прокладке трубопроводов в одной траншее по сравнению с раздельной прокладкой дешевле на 15–30%. При совмещенной прокладке трубопроводов в одной траншее их размещают параллельно друг другу, за исключением канализации, причем уклон для всех линий назначается одинаковым. Расстояния между сетями назначаются минимальными, что снижает стоимость строительства. Иногда, как диктуют нам технические условия, монтаж инженерных сетей производится в коллекторах (проходных каналах). Такую прокладку рекомендуется осуществлять в следующих случаях:

– сверху силовые кабели, ниже кабели связи и внизу водопроводы.

При однорядном расположении – сверху прокладываются силовые кабели, под ними кабели связи, ниже теплопроводы и водопроводы. Водопроводные линии располагаются всегда ниже теплопроводов и кабелей.

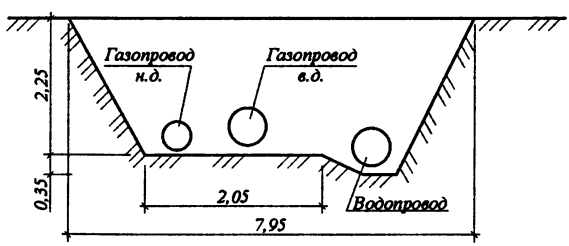


Рис. 6.2.1. Совмещенный способ прокладки подземных сетей в одной траншее:
1 – газопровод низкого давления; *2* – газопровод высокого давления; *3* – водопровод.

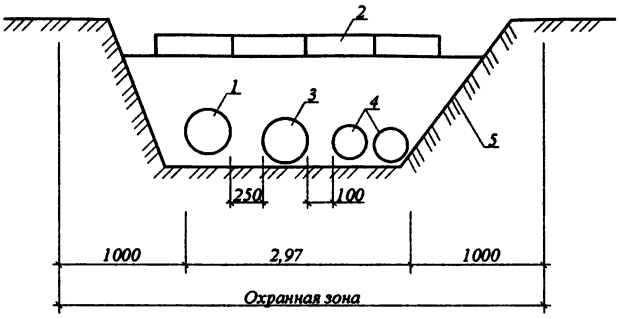


Рис. 6.2.2. Совмещенный способ прокладки подземных сетей в одной траншее:
1 – кабель на напряжение 35 кВ; *2* – железобетонная плита; *3* – кабель на 10 кВ;
4 – контрольные кабели; *5* – мягкий грунт или песок.

При прокладке кабельных линий в земле в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) устанавливаются охранные зоны над кабелем (охранная зона определяет полосу земли на которой запрещены строительные работы без разрешения электросетевых предприятий). Виды кабельной канализации — *рис. 6.2.3.*

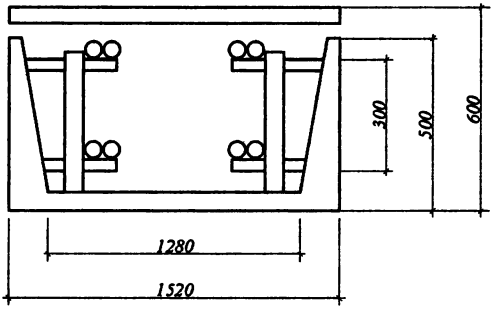


Рис. 6.2.3. Прокладка кабельной канализации в каналах

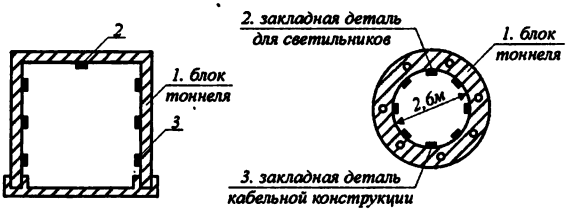


Рис. 6.2.4. Прокладка кабельной канализации в тоннелях

Телефонные кабельные сети являются необходимой принадлежностью городского хозяйства. Основы прокладки устройства этих сетей совпадают с принципами построения силовых электрических сетей. Прокладка трассы

городской телефонной сети ГТС предусматривает монтаж трубопроводов, каналов и эксплуатации кабелей связи. Основным элементом ГТС являются подземные трубопроводы, прокладываемые под пешеходными и проезжими частями улиц. Трубопроводы собираются из отдельных труб или блоков с общим количеством отверстий (каналов) от 1 до 48 и более. По трассе трубопроводы разделяются на отдельные участки (пролеты) длиной до 150 м, соединяемые между собой подземными смотровыми колодцами. В кабельной канализации ГТС используются, бетонные трубы, полиэтиленовые трубы, блоки из нескольких рядов бетонных труб.

При разработке проекта конкретного объекта определяются тип колодца (с учетом перспективы развития кабельной сети) и способы гидроизоляции и предотвращения разрушения колодцев в грунтах, подверженных различным смещениям.

Кабельные телефонные сети выполняются также на столбах линий связи. Такая линия связи начинается с кабельной опоры, оборудованной кабельными ящиками и кабельной площадкой. Опоры линий устанавливаются на пешеходной части улиц, а кабель подвешивают на семижильном стальном канате. При проведении ГТС по крышам домов и для подвески распределительных кабелей применяют стоечные линии. 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 от распределительных шкафов, или непосредственно от коммутационного щита ГТС. Он может быть подземным или воздушным.

6.3. Особенности обследования инженерных коммуникаций в старой жилой застройке

Инженерное жизнеобеспечение современного города и населенного пункта предназначено для создания необходимых санитарно-гигиенических и комфортных условий быта и трудовой деятельности населения, коммунальных, культурно-бытовых и промышленных предприятий. Инженерное оборудование включает в себя системы водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения, электроснабжения, связи, освещения, санитарной очистки и других видов благоустройства.

На выбор стратегии реконструкции городской застройки большое внимание оказывают инженерные коммуникации. Их технические параметры, физический износ, мощность и пропускная способность, предопределяют реконструкцию или полную модернизацию объектов с полной или частичной заменой сетей. Основная сложность проведения реконструктивных мероприятий заключается в значительной изношенности сетей и сооружений инженерных систем в городах и населенных пунктах, а также отставание мощностей и пропускной способности от потребностей.

Известно, что любая техническая система имеет свой жизненный цикл. Он состоит из этапов: проектирование, изготовление, монтаж, пуско-

наладка, эксплуатация, ремонт, реконструкция. На первом этапе закладываются все основные параметры систем инженерных коммуникаций. На всех последующих этапах эти параметры, как правило, могут только понижаться. Причем на этапе эксплуатации (наиболее длительном периоде жизненного цикла) проявляются все последствия ошибок в проекте, дефектов изготовления и монтажа.

К числу особенностей обследования инженерных коммуникаций можно отнести следующее:

– переход к количественным критериям оценок.
– использование принципов системного анализа.
– учет воздействия случайных факторов.

Жилые дома, которые возводились, в 50–60 годах нуждаются в реконструкции, в связи с изменением нормативной базы и устаревших инженерных систем и оборудования. Реконструкция возможна после обследования конструкций зданий и всех инженерных коммуникаций. Вместе с тем и сама система инженерного обеспечения нуждается в развитии и совершенствовании. Необходимость в реконструкции возникает в следующих случаях:

– при проведении ремонтно-восстановительных работ на сетях или сооружениях с применением новых материалов, энергосберегающих технологий и нового оборудования;
– при изменении характера предоставляемых услуг населению;
– при изменении функционального состава застройки территории и как следствие новых требований к инженерному обеспечению;
– при строительстве объектов или сооружений, а также реконструкции имеющихся с изменением объемов или требуемого качества инженерного обеспечения.

При обследовании инженерных коммуникаций необходимо, чтобы заказчики предоставляли достаточную исходную информацию по существующим сетям теплоснабжения, газоснабжения, водоснабжения и канализации, электроснабжения, связи и радио, электрическим сетям, наружному электроосвещению, силовому оборудованию. Например, для систем теплоснабжения необходимо указать источник теплоснабжения, параметры теплоносителей, место подключения, способ прокладки тепловых сетей. Для газоснабжения давление, место подключения и т.д. Получив данные у заказчика по инженерным сетям и произведя обследование, и проанализировав, можно установить какие инженерные системы в период дальнейшей эксплуатации могут привести к различным неблагоприятным событиям и результатам: нарушению условий жизнедеятельности, излишним затратам материальных, энергетическим и трудовых ресурсов, экологическому и материальному ущербу, поломкам и аварийным ситуациям.

При обследовании устанавливается возможность использования существующих систем или полная их замена на вновь проектируемые. Для этого необходимо получить новые технические условия на соответствующие инженерные коммуникации. Путем анализа и расчета устанавливается технический уровень старой жилой застройки:

– качество функционирования, состоящее из способности поддержания заданных параметров теплоносителей, надежности, безопасности,

экологической безопасности, удобства пользования, а в последнее время и ограничение по расходу энергоресурсов.

– ресурсоемкость в сфере демонтажа и монтажа и эксплуатации.



Рис. 6.3.1. Схема особенностей влияющих на технический уровень при обследовании существующих инженерных сетей

Для оценки всех особенностей при обследовании старой жилой застройки в городах и населенных пунктах можно составить схему *(рис. 6.3.1)*.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(справочное)

Таблица 1.1

Удельное среднесуточное (за год) водопотребление

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах на одного жителя среднесуточное (за год), л/сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией:	
без ванн	125–160
с ванными и местными водонагревателями	160–230
с централизованным горячим водоснабжением	230–350

Таблица 1.2

Коэффициент, учитывающий жителей в населенном пункте

Коэф.	Число жителей, тыс. чел.																
	до 0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более
β_{max}	4,5	4	3,5	3,0	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
β_{min}	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

Таблица 1.3

Расходы воды на поливку

Назначение воды	Измеритель	Расходы воды на поливку л/м^2
Механизированная мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1 мойка	1,2–1,5
Механизированная поливка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1 поливка	0,3–0,4
Поливка вручную (из шлангов) усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов	То же	0,4–0,5
Поливка городских зеленых насаждений	То же	3–4
Поливка газонов и цветников	То же	4–6
Поливка посадок в грунтовых зимних теплицах	1 сутки	15
Поливка посадок в стеллажных зимних и грунтовых весенних теплицах, парниках всех типов, утепленном грунте	То же	6
Поливка посадок на приусадебных участках:		
овощных культур	То же	3–15
плодовых деревьев	То же	10–15

Таблица 1.4

Расход воды на наружное пожаротушение

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

Таблица 1.5

Расход воды на один пожар на наружное пожаротушение

Назначение зданий	Расход воды на один пожар, л/с на наружное пожаротушение жилых и общественных зданий независимо от их степени огнестойкости при объеме здания, тыс $м^3$				
	до 1	св. 1 до 5	св. 5 до 25	св. 25 до 50	св. 50 до 150
Жилые здания односекционные и многосекционные при количестве этажей:					
до 2	10	10	–	–	–
св. 2 до 12	10	15	15	20	–
св. 12 до 16	–	–	20	25	–
св. 16 до 25	–	–	–	25	30
Общественные здания при кол-ве этажей:					
до 2	10	10	15	–	–
св. 2 до 6	10	15	20	25	30
св. 6 до 12	–	–	25	30	35
св. 12 до 16	–	–	–	30	35

Таблица 1.6

Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий

Степень огнестойк. зданий	Категория произ-ва по пожарн. опасн.	Расход воды на наружное пожаротушение произв. зданий с фонарями, а также без фонарей шириной до 60 м на один пожар, л/с, при объемах зданий, тыс.м^3						
		до 3	св.3 до 5	св.5 до20	св.20 до 50	св.50 до 200	св.200 до 400	св.400 до 600
1 и 2	Г; Д; Е	10	10	10	10	15	20	25
1 и 2	А; Б; В	10	10	15	20	30	35	40
3	Г; Д	10	10	15	25	35	–	–
3	В	10	15	20	30	40	–	–
4 и 5	Г; Д	10	15	20	30	–	–	–
4 и 5	В	15	20	25	40	–	–	–

Таблица 1.7

Расход воды на наружное пожаротушение

Степень огнестойк. зданий	Катег. произ-ва по пожарн. опасн.	Расход воды на наружное пожаротушение произв. зданий без фонарей шириной 60 м и более на один пожар, л/с при объемах зданий, тыс.м^3								
		до 50	св.50 до 100	св.100 до 200	св.200 до 300	св.300 до 400	св.400 до 500	св.500 до 700	св.600 до 700	св.700 до 800
1 и 2	А; Б; В	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 и 2	Г; Д; Е	10	15	20	25	30	35	40	45	50

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(справочное)

Таблица 2.1

Значения коэффициентов общей неравномерности водоотведения

$Q_{ср}$, л/с	5,0	10,0	20,0	50,0	100,0	300,0	500,0	1000
$K_{общ.max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47
$K_{общ.min}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69

Таблица 2.2

Допустимые значения скоростей и наполнений

Диаметр, мм	Наполнение в долях	Скорость, м/с
Д = 150 ÷ 250	≤0,6 Д	≥ 0,7
Д = 300 ÷ 400	≤0,7 Д	≥ 0,8
Д = 450 ÷ 900	≤0,75 Д	≥ 0,9 ÷ 1,15
Д = 1000 ÷ 1500	≤0,8 Д	≥ 1,15 ÷ 1,3
Д ≥ 1500	≤0,8 Д	≥ 1,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(справочное)

Таблица 3.1

Плотность жилого фонда в м² площади и количество жителей на 1 га микрорайона

Показатели	Этажность				
	5	6	7	8	9
Жилая площадь, P м²/га	3200-2800	3400-3000	3600-3200	3800-3400	4200-3600
Кол-во жителей, $P_н$ чел./га	356	378	400	422	467

Таблица 3.2

Укрупненные показатели максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м² общей площади q_o, Вт

Этажность	Характеристика здания	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления t_o, °С									
		-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
1-2	Без учета внедрения энергосберегающих мер	Для постройки до 1985 г.									
3-4		148	154	160	205	213	230	234	237	242	255
5 и более		95	102	109	117	126	134	144	150	160	169
		65	70	77	79	86	88	98	102	109	115
1-2	С учетом внедрения энергосберегающих мер	147	153	160	194	201	218	222	225	230	242
3-4		90	97	103	111	119	128	137	140	152	160
5 и более		65	69	73	75	82	88	92	96	103	109
1-2	По новым типовым проектам	Для постройки после 1985 г.									
3-4		145	152	159	166	173	177	180	187	194	200
5 и более		74	80	86	91	97	101	103	109	116	123
		65	67	70	73	81	87	87	95	100	102

Таблица 3.3

Укрупненные показатели среднего теплового потока на горячее водоснабжение q_n

Средняя за отоп. период норма расхода воды при t 55°С на горячее водоснабжение в сутки на 1 чел., прожив. в здании с горячим водоснабжением, л	На одного человека, Вт, проживающего в здании		
	с горячим водоснабжением	с горячим водоснабжением с учетом потребления в общественных зданиях	без горячего водоснабжения с учетом потребления в общественных зданиях
85	247	320	73
90	259	332	73
105	305	376	73
115	334	407	73

Таблица 3.4

Расстояния по вертикали от строительных конструкций тепловых сетей при бесканальной прокладке до зданий, сооружений и инженерных сетей

Сооружения и инженерные сети	Наименьшие расстояния в свету по вертикали, м
1	2
Подземная прокладка тепловых сетей	
До водопровода, водостока, газопровода, канализации	0,2
До бронированных кабелей связи	0,5
До силовых и контрольных кабелей напряжением до 35 кВ	0,5 (0,25 в стесненных условиях) — при соблюдении требований примечания 5
До маслонаполненных кабелей напряжением св. 110 кВ	1,0 (0,5 в стесненных условиях) — при соблюдении требований примечания 5
До блока телефонной канализации или до бронированного кабеля связи в трубах	0,15
До подошвы рельсов железных дорог промышленных предприятий	1,0
То же, железных дорог общей сети	2,0
» трамвайных путей	1,0
До верха дорожного покрытия автомобильных дорог общего пользования I, II и III категорий	1,0
До дна кювета или других водоотводящих сооружений или до основания насыпи железнодорожного земляного полотна (при расположении тепловых сетей под этими сооружениями)	0,5
До сооружений метрополитена (при расположении тепловых сетей над этими сооружениями)	1,0
Надземная прокладка тепловых сетей	
До головки рельсов железных дорог	Габариты «С», «Сп», «Су» по ГОСТ 9238 и ГОСТ 9720
До верха проезжей части автомобильной дороги	5,0

Окончание таблицы 3.4

1	2
До верха пешеходных дорог	2,2
До частей контактной сети трамвая	0,3
То же, троллейбуса	0,2
До воздушных линий электропередачи при наибольшей стреле провеса проводов при напряжении, кВ:	
до 1	1,0
св. 1 до 20	3,0
35–110	4,0
150	4,5
220	5,0
330	6,0
500	6,5

Примечания:

1. Заглубление тепловых сетей от поверхности земли или дорожного покрытия (кроме автомобильных дорог I, II и III категорий) следует принимать не менее:

а) до верха перекрытий каналов и тоннелей — 0,5 м;

б) до верха перекрытий камер — 0,3 м;

в) до верха оболочки бесканальной прокладки 0,7 м. В непроезжей части допускаются выступающие над поверхностью земли перекрытия камер и вентиляционных шахт для тоннелей и каналов на высоту не менее 0,4 м;

г) на вводе тепловых сетей в здание допускается принимать заглубления от поверхности земли до верха перекрытия каналов или тоннелей — 0,3 м и до верха оболочки бесканальной прокладки — 0,5 м;

д) при высоком уровне грунтовых вод допускается предусматривать уменьшение величины заглубления каналов и тоннелей и расположение перекрытий выше поверхности земли на высоту не менее 0,4 м, если при этом не нарушаются условия передвижения транспорта.

2. При надземной прокладке тепловых сетей на низких опорах расстояние в свету от поверхности земли до низа тепловой изоляции трубопроводов должно быть, м, не менее:

при ширине группы труб до 1,5 м — 0,35;

» » » более 1,5 м — 0,5.

3. При подземной прокладке тепловые сети при пересечении с силовыми, контрольными кабелями и кабелями связи могут располагаться над или под ними.

4. При бесканальной прокладке расстояние в свету от водяных тепловых сетей открытой системы теплоснабжения или сетей горячего водоснабжения до расположенных ниже или выше тепловых сетей канализационных труб принимается не менее 0,4 м.

5. Температура грунта в местах пересечения тепловых сетей с электрокабелями на глубине заложения силовых и контрольных кабелей напряжением до 35 кВ не должна повышаться более чем на 10° С по отношению к высшей среднемесячной летней температуре грунта и на 15° С — к низшей среднемесячной зимней температуре грунта на расстоянии до 2 м от крайних кабелей, а температура грунта на глубине заложения маслонаполненного кабеля не должна повышаться более чем на 5° С по отношению к среднемесячной температуре в любое время года на расстоянии до 3м от крайних кабелей.

6. Заглубление тепловых сетей в местах подземного пересечения железных дорог общей сети в пучинистых грунтах определяется расчетом из условий, при которых исключается влияние тепловыделений на равномерность морозного пучения грунта. При невозможности обеспечить заданный температурный режим за счет заглубления тепловых сетей предусматривается вентиляция тоннелей (каналов, футляров), замена пучинистого грунта на участке пересечения или надземная прокладка тепловых сетей.

7. Расстояния до блока телефонной канализации или до бронированного кабеля связи в трубах следует уточнять по специальным нормам.

8. В местах подземных пересечений тепловых сетей с кабелями связи, блоками телефонной канализации, силовыми и контрольными кабелями напряжением до 35 кВ допускается при соответствующем обосновании уменьшение расстояния по вертикали в свету при устройстве усиленной теплоизоляции и соблюдении требований пунктов 5, 6, 7 настоящих примечаний.

Таблица 3.5

Расстояния по горизонтали от строительных конструкций тепловых сетей или оболочки изоляции трубопроводов при беканальной прокладке до зданий, сооружений и инженерных сетей

Здания, сооружения и инженерные сети	Наименьшие расстояния в свету, м
1	2
Подземная прокладка тепловых сетей	
До фундаментов зданий и сооружений:	
а) при прокладке в каналах и тоннелях и непросадочных грунтах (от наружной стенки канала тоннеля) при диаметре труб, мм:	
$Д_у < 500$	2,0
$Д_у = 500\text{-}800$	5,0
$Д_у = 900$ и более	8,0
То же, в просадочных грунтах I типа при:	
$Д_у < 500$	5,0
$Д_у \geq 500$	8,0
б) при бесканальной прокладке в непросадочных грунтах (от оболочки бесканальной прокладки) при диаметре труб, мм:	
$Д_у < 500$	5,0
$Д_у \geq 500$	7,0
То же, в просадочных грунтах I типа при:	
$Д_у \leq 100$	5,0
$Д_у > 100$ до $Д_у < 500$	7,0
$Д_у \geq 500$	8,0
До оси ближайшего пути железной дороги колеи 1520 мм	4,0 (но не менее глубины траншеи тепловой сети до подошвы насыпи)
То же, колеи 750 мм	2,8
До ближайшего сооружения земляного полотна железной дороги	3,0 (но не менее глубины траншеи тепловой сети до основания крайнего сооружения)
До оси ближайшего пути электрифицированной железной дороги	10,75
До оси ближайшего трамвайного пути	2,8
До бортового камня улицы дороги (кромки проезжей части, укрепленной полосы обочины)	1,5
До наружной бровки кювета или подошвы насыпи дороги	1,0
До фундаментов ограждений и опор трубопроводов	1,5
До мачт и столбов наружного освещения и сети связи	1,0
До фундаментов опор мостов путепроводов	2,0
До фундаментов опор контактной сети железных дорог	3,0
То же, трамваев и троллейбусов	1,0
До силовых и контрольных кабелей напряжением до 35 кВ и маслонаполненных кабелей (до 220 кВ)	2,0 *(см. примечание 1)*
До фундаментов опор воздушных линий электропередачи при напряжении, кВ (при сближении и пересечении):	
до 1	1,0
св. 1 до 35	2,0
св. 35	3,0

Продолжение таблицы 3.5

1	2
До блока телефонной канализации, бронированного кабеля связи в трубах и до радиотрансляционных кабелей	1,0
До водопроводов	1,5
То же, в просадочных грунтах I типа	2,5
До дренажей и дождевой канализации	1,0
До производственной и бытовой канализации (при закрытой системе теплоснабжения)	1,0
До газопроводов давлением до 0,6 МПа при прокладке тепловых сетей в каналах, тоннелях, а также при бесканальной прокладке с попутным дренажом	2,0
То же, более 0,6 до 1,2 МПа	4,0
До газопроводов давлением до 0,3 МПа при бесканальной прокладке тепловых сетей без попутного дренажа	1,0
То же, более 0,3 до 0,6 МПа	1,5
То же, более 0,6 до 1,2 МПа	2,0
До ствола деревьев	2,01 *(см. примечание 10)*
До кустарников	1,0 *(см. примечание 10)*
До каналов и тоннелей различного назначения (в том числе до бровки каналов сетей орошения — арыков)	2,0
До сооружений метрополитена при обделке с наружной оклеечной изоляцией	5,0 (но не менее глубины траншей тепловой сети до основания сооружения)
То же, без оклеечной гидроизоляции	8,0 (но не менее глубины траншей тепловой сети до основания сооружения)
До ограждения наземных линий метрополитена	5
До резервуаров автомобильных заправочных станций (АЗС):	
а) при бесканальной прокладке	10,0
б) при канальной прокладке (при условии устройства вентиляционных шахт на канале тепловых сетей)	15,0
Надземная прокладка тепловых сетей	
До ближайшего сооружения земляного полотна железных дорог	3
До оси железнодорожного пути от промежуточных опор (при пересечении железных дорог)	Габариты «С», «Сп», «Су» по ГОСТ 9238 и ГОСТ 9720
До оси ближайшего трамвайного пути	2,8
До бортового камня или до наружной бровки кювета автомобильной дороги	0,5
До воздушной линии электропередачи с наибольшим отклонением проводов при напряжении, кВ:	*(см. примечание 8)*
до 1	1
св. 1 до 20	3
35-110	4
150	4,5
220	5
330	6
500	6,5
До ствола дерева	2,0

Окончание таблицы 3.5

1	2
До жилых и общественных зданий для водяных тепловых сетей, паропроводов давлением $P_y \le 0{,}63$ МПа, конденсатных тепловых сетей при диаметрах труб, мм:	
$Д_y$ от 500 до 1400	25 *(см. примечание 9)*
$Д_y$ от 200 до 500	20 *(см. примечание 9)*
$Д_y < 200$	10 *(см. примечание 9)*
До сетей горячего водоснабжения	5
То же, до паровых тепловых сетей:	
P_y от 1,0 до 2,5 МПа	30
св. 2,5 до 6,3 МПа	40

Примечания:

1. Допускается уменьшение приведенного в таблице 3.4 расстояния при соблюдении условия, что на всем участке сближения тепловых сетей с кабелями температура грунта (принимается по климатическим данным) в месте прохождения кабелей в любое время года не будет повышаться по сравнению со среднемесячной температурой более чем на 10° С для силовых и контрольных кабелей напряжением до 10 кВ и на 5° С — для силовых контрольных кабелей напряжением 20–35 кВ и маслонаполненных кабелей до 220 кВ.

2. При прокладке в общих траншеях тепловых и других инженерных сетей (при их одновременном строительстве) допускается уменьшение расстояния от тепловых сетей до водопровода и канализации до 0,8 м при расположении всех сетей в одном уровне или с разницей в отметках заложения не более 0,4 м.

3. Для тепловых сетей, прокладываемых ниже основания фундаментов опор, зданий, сооружений, должна дополнительно учитываться разница в отметках заложения с учетом естественного откоса грунта или приниматься меры к укреплению фундаментов.

4. При параллельной прокладке подземных тепловых и других инженерных сетей на разной глубине заложения приведенные в таблице 3.4 расстояния должны увеличиваться и приниматься не менее разности заложения сетей. В стесненных условиях прокладки и невозможности увеличения расстояния должны предусматриваться мероприятия по защите инженерных сетей от обрушения на время ремонта и строительства тепловых сетей.

5. При параллельной прокладке тепловых и других инженерных сетей допускается уменьшение приведенных в таблице 3.4 расстояний до сооружений на сетях (колодцев, камер, ниш и т.п.) до величины не менее 0,5 м, предусматривая мероприятия по обеспечению сохранности сооружений при производстве строительно-монтажных работ.

6. Расстояния до специальных кабелей связи должны уточняться по соответствующим нормам.

7. Расстояние от наземных павильонов тепловых сетей для размещения запорной и регулирующей арматуры (при отсутствии в них насосов) до жилых зданий принимается не менее 15 м. В особо стесненных условиях допускается уменьшение его до 10 м.

8. При параллельной прокладке надземных тепловых сетей с воздушной линией электропередачи напряжением свыше 1 до 500 кВ вне населенных пунктов расстояние по горизонтали от крайнего провода следует принимать не менее высоты опоры.

9. При надземной прокладке временных (до 1 года эксплуатации) водяных тепловых сетей (байпасов) расстояние до жилых и общественных зданий может быть уменьшено при обеспечении мер по безопасности жителей (100%-й контроль сварных швов, испытание трубопроводов на 1,5 от максимального рабочего давления, но не менее 1,0 МПа, применение полностью укрытой стальной запорной арматуры и т.п.).

10. В исключительных случаях при необходимости прокладки тепловых сетей под землей ближе 2 м от деревьев, 1 м от кустарников и других зеленых насаждений толщина теплоизоляционного слоя трубопроводов должна приниматься удвоенной.

Таблица 3.6

Требования к размещению трубопроводов при их прокладке в непроходных каналах, тоннелях, надземной и тепловых пунктах

Условный проход трубопроводов	Расстояние от поверхности теплоизоляционной конструкции трубопроводов в свету, мм не менее			
	до стенки канала	до поверхности теплоизоляционной конструкции смежного трубопровода	до перекрытия канала	до дна канала
25–80	70	100	50	100
100–250	80	140	50	150
300–350	100	160	70	150
400	100	200	70	180
500–700	110	200	100	180
800	120	250	100	200
900–1400	120	250	100	300

Примечание. При реконструкции тепловых сетей с использованием существующих каналов допускается отступление от размеров, указанных в данной таблице.

Таблица 3.7

Тоннели, надземная прокладка и тепловые пункты

Условный проход трубопроводов	Расстояние от поверхности теплоизоляционной конструкции трубопроводов в свету, мм не менее				
	до стенки тоннеля	до перекрытия тоннеля	до дна тоннеля	до поверхности теплоизоляционной конструкции смежного трубопровода в тоннелях, при надземной прокладке и в тепловых пунктах	
				по вертикали	по горизонтали
25–80	150	100	150	100	100
100–250	170	100	200	140	140
300–350	200	120	200	160	160
400	200	120	200	160	200
500–700	200	120	200	200	200
800	250	150	250	200	250
900	250	150	300	200	250
1000–1400	350	250	350	300	300

Примечание. При реконструкции тепловых сетей с использованием существующих строительных конструкций допускается отступление от размеров, указанных в данной таблице.

Таблица 3.8

Узлы трубопроводов в тоннелях, камерах, павильонах и тепловых пунктах

Наименование	Расстояние в свету, мм, не менее
От пола или перекрытия до поверхности теплоизоляционных конструкций трубопроводов (для перехода)	700
Боковые проходы для обслуживания арматуры и сальниковых компенсаторов (от стенки до фланца арматуры или до компенсатора) при диаметрах труб, мм:	
до 500	600
от 600 до 900	700
от 1000 и более	1000
От стенки до фланца корпуса сальникового компенсатора (со стороны патрубка) при диаметрах труб, мм:	
до 500	600 (вдоль оси трубы)
600 и более	800 (вдоль оси трубы)
От пола или перекрытия до фланца арматуры или до оси болтов сальникового уплотнения	400
То же, до поверхности теплоизоляционной конструкции ответвлений труб	300
От выдвинутого шпинделя задвижки (или штурвала) до стенки или перекрытия	200
Для труб диаметром 600 мм и более между стенками смежных труб со стороны сальникового компенсатора	500
От стенки или от фланца задвижки до штуцеров для выпуска воды или воздуха	100
От фланца задвижки на ответвлении до поверхности теплоизоляционных конструкций основных труб	100
Между теплоизоляционными конструкциями смежных сильфонных компенсаторов при диаметрах компенсаторов, мм:	
до 500	100
600 и более	150

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
(справочное)

Таблица 4.1

Нормы расхода газа

Потребители	Показатели	Нормы расхода теплоты МДЖ (тыс.ккал.)
Жилые дома		
Квартиры с газовой плитой и централизованным горячим водоснабжением (при газоснабжении природным газом)	на 1 человека в год	2800 (660)
Квартиры с газовой плитой при отсутствии централизованного горячеговодоснабжения и газового водонагревателя (при газоснабжении природным газом)	то же	4600 (1100)
Предприятия бытового обслуживания		
Фабрики-прачечные: – на стирку белья в механизированных прачечных – на стирку белья в немеханизированных прачечных с сушильными шкафами – на стирку белья в механизированных прачечных, включая сушку и глажение	 на 1 т сухого белья то же то же	 8800 (2100) 2600 (3000) 18800 (4500)
Бани		
Мытье без ванны	на 1 помыв	40 (9,5)
Мытье в ваннах	то же	50 (12)
Предприятия общественного питания		
Столовые, рестораны, кафе: – на приготовление обедов (вне зависимости от пропускной способности предприятий) – на приготовление завтраков или ужинов	 на 1 обед на 1 завтрак или ужин	 4,2 (1) 2,1 (0,8)
Учреждения здравоохранения		
Больницы, родильные дома: – на приготовление пищи – на приготовление горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд и лечебных процедур	 на 1 койку в год то же	 3200 (760) 9200 (2200)
Предприятия по производству хлеба и кондитерских изделий		
Хлебозаводы, комбинаты, пекарни: – на выпечку хлеба подового, батонов, булок, сдобы – на выпечку кондитерских изделий (тортов, пирожных, печенья, пряников и т.д.)	 на 1 т изделий то же	 5450 (1300) 7750 (1850)

Таблица 4.2

Коэффициент часового максимума расхода газа

Число жителей, снабжаемых газом,тыс. чел.	Коэффициент часового максимума расхода газа (без отопления) $К_{max}$
1	1/1800
2	1/2000
3	1/2050
5	1/2100
10	1/2200
20	1/2300
30	1/2400
40	1/2500
50	1/2600
100	1/2800
300	1/3000
500	1/3300
750	1/3500
1000	1/3700
2000 и более	1/4700

Таблица 4.3

Коэффициент часового максимума газа для предприятий

Предприятия	Коэффициент часового максимума расхода газа, $К_{max}$
Бани	1/2700
Прачечные	1/2900
Общественное питание	1/200
По производству хлеба и кондитерских изделий	1/6000

Таблица 4.4

Давление газа в газопроводах, прокладываемых внутри зданий

Потребители газа	Давление газа МПа (кгс/см^2)
1. Производственные здания промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также отдельно стоящие котельные и предприятия бытового обслуживания производственного характера (бани, прачечные, фабрики, химчистки, предприятия по производству хлеба и кондитерских изделий)	0,6 (6)
2. Предприятия бытового обслуживания производственного характера, перечисленные в позиции 1, пристроенные к зданиям другого производственного назначения или встроенные в эти здания	0,3 (3)
3. Предприятия бытового обслуживания непроизводственного характера и общественные здания	500 даПа (500 мм.вод.ст.)
4. Жилые дома	300 даПа (300 мм.вод.ст.)

Таблица 4.5

Классификация газа в газопроводах по давлению

Классификация газопроводов по давлению		Вид транспортируемого газа	Рабочее давление в газопроводе МПа
Высокого	I категории	Природный	Св. 0,6 до 1,2 включительно
		СУГ	Св. 0,6 до 1,6 включительно
	II категории	Природный и СУГ	Св. 0,3 до 0,6 включительно
Среднего		То же	Св. 0,005 до 0,3 включительно
Низкого		»	До 0,005 включительно

Таблица 4.6

Размещение надземных газопроводов

Размещение надземных газопроводов	Давление газа в газопроводе, МПа, не более
1. На отдельно стоящих опорах, колоннах, эстакадах и этажерках	1,2 (для природного газа); 1,6 (для СУГ)
2. Котельные, производственные здания с помещениями категорий В, Г и Д и здания ГНС (ГНП), общественные и бытовые здания производственного назначения, а также встроенные, пристроенные и крышные котельные к ним:	
а) по стенам и кровлям зданий I и II степеней огнестойкости класса пожарной опасности СО (по СНиП 21-01)	1,2*
II степени огнестойкости класса С1 и III степени огнестойкости класса СО	0,6*
б) по стенам зданий III степени огнестойкости класса С1, IV степени огнестойкости класса СО	0,3*
IV степени огнестойкости классов С1 и С2	0,005
3. Жилые, административные, общественные и бытовые здания, а также встроенные, пристроенные и крышные котельные к ним	
по стенам зданий всех степеней огнестойкости	0,005
в случаях размещения ШРП на наружных стенах зданий (только до ШРП)	0,3

* Давление газа в газопроводе, прокладываемом по конструкциям зданий, не должно превышать величин, указанных в таблице 2 для соответствующих потребителей

Таблица 4.7

Размещение надземных и подземных газопроводов

Здания, сооружения и коммуникации	Расстояние от резервуаров в свету, м						Расстояние от испарительной или групповой баллонной установки в свету, м
	надземных			подземных			
	при общей вместимости резервуаров в установке, м^3						
	до 5	св. 5 до 10	св. 10 до 20	до 10	св. 10 до 20	св. 20 до 50	
1. Общественные здания и сооружения	40	50*	60*	15	20	30	25
2. Жилые здания	20	30*	40*	10	15	20	12
3. Детские и спортивные площадки, гаражи (от ограды резервуарной установки)	20	25	30	10	10	10	10
4. Производственные здания (промышленных, сельскохозяйственных предприятий и предприятий бытового обслуживания производственного характера)	15	20	25	8	10	15	12
5. Канализация, теплотрасса (подземные)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
6. Надземные сооружения и коммуникации (эстакады, теплотрасса и т.п.), не относящиеся к резервуарной установке	5	5	5	5	5	5	5
7. Водопровод и другие бесканальные коммуникации	2	2	2	2	2	2	2
8. Колодцы подземных коммуникаций	5	5	5	5	5	5	5
9. Железные дороги общей сети (до подошвы насыпи или бровки выемки со стороны резервуаров)	25	30	40	20	25	30	20
10. Подъездные пути железных дорог промышленных предприятий, трамвайные пути (до оси пути), автомобильные дороги I-III категорий (до края проезжей части)	20	20	20	10	10	10	10
11. Автомобильные дороги IV и V категорий (до края проезжей части) и предприятий	10	10	10	5	5	5	5
12. ЛЭП, ТП, РП	В соответствии с правилами устройства электроустановок [2]						

* Расстояния от резервуарной установки предприятий до зданий и сооружений, которые ею не обслуживаются.

Примечание. Расстояние от газопроводов принимается в соответствии со СНиП 2.07.01 и СНиП II-89.

Таблица 4.8

Число стыков подлежащих контролю для газопроводов

Газопроводы	Число стыков, подлежащих контролю, % общего числа стыков, сваренных каждым сварщиком на объекте
1. Наружные и внутренние газопроводы природного газа и СУГ диаметром менее 50 мм всех давлений, надземные и внутренние газопроводы природного газа и СУГ диаметром 50 мм и более, давлением до 0,005 МПа	Не подлежат контролю
2. Газопроводы ГРП и ГРУ диаметром более 50 мм	100
3. Наружные и внутренние газопроводы СУГ всех давлений (за исключением указанных в поз. 1)	100
4. Надземные и внутренние газопроводы природного газа давлением св. 0,005 до 1,2 МПа	5, но не менее одного стыка
5. Подземные газопроводы природного газа давлением:	
до 0,005 МПа (за исключением указанных в поз. 11 и 12)	10, но не менее одного стыка
св. 0,005 до 0,3 МПа (за исключением указанных в поз. 11 и 13)	50, но не менее одного стыка
св. 0,3 до 1,2 МПа (за исключением указанных в поз. 13)	100
6. Подземные газопроводы всех давлений, прокладываемые под проезжей частью улиц с капитальными типами дорожных одежд (цементобетонные, монолитные, железобетонные сборные, асфальтобетонные), а также на переходах через водные преграды во всех случаях прокладки газопроводов в футляре (в пределах перехода и по одному стыку в обе стороны от пересекаемого сооружения):	100
7. Подземные газопроводы всех давлений при пересечении с коммуникационными коллекторами, каналами, тоннелями (в пределах пересечений и по одному стыку в обе стороны от наружных стенок пересекаемых сооружений)	100
8. Надземные газопроводы всех давлений на участках переходов через автомобильные I-III категорий и железные дороги по мостам и путепроводам, а также в пределах переходов через естественные преграды	100
9. Подземные газопроводы всех давлений, прокладываемые в районах с сейсмичностью св. 7 баллов и на карстовых и подрабатываемых территориях и в других особых грунтовых условиях	100
10. Подземные газопроводы всех давлений, прокладываемые на расстоянии по горизонтали в свету менее 3 м от коммуникационных коллекторов и каналов (в том числе каналов тепловой сети)	100
11. Участки подземных газопроводов и подземные вводы на расстоянии от фундаментов зданий менее:	
2 м — для газопроводов давлением до 0,005 МПа;	
4 м — » » » св. 0,005 до 0,3 МПа;	100
7 м — » » » св. 0,3 до 0,6 МПа;	
10 м — » » » св. 0,6 до 1,2 МПа	
12. Подземные газопроводы природного газа давлением до 0,005 МПа, прокладываемые в пучинистых (кроме слабопучинистых) просадочных II типа, набухающих, многолетнемерзлых грунтах и в других особых условиях	25, но не менее одного стыка
13. Подземные газопроводы природного газа давлением св. 0,005 до 1,2 МПа, прокладываемые вне поселений за пределами черты их перспективной застройки	20, но не менее одного стыка

Примечания. 1. Для проверки следует отбирать сварные стыки, имеющие худший внешний вид.

2. Нормы контроля по поз. 4 не распространяются на газопроводы, указанные в поз. 8, по поз. 5, 12 и 13 - на указанные в поз. 6 и 7; по поз. 13 - на указанные в поз. 9.

3. Нормы контроля не распространяются на угловые соединения труб газопроводов условным диаметром до 500 мм и швы приварки к газопроводу фланцев и плоских заглушек.

4. Сварные стыки соединительных деталей стальных газопроводов, изготовленные в условиях ЦЗЗ, ЦЗМ, неповоротные и монтажные (сваренные после производства испытаний) стыки подземных стальных газопроводов всех давлений подлежат 100%-ному контролю радиографическим методом.

Таблица 4.9

Число стыков подлежащих контролю для газопроводов

Газопроводы	Число стыков, подлежащих контролю, % общего числа стыков, сваренных на объекте каждым сварщиком с использованием сварочной техники	
	с высокой степенью автоматизации	со средней степенью автоматизации
1. Подземные газопроводы давлением:		
до 0,005 МПа (за исключением указанных в поз. 2)	3, но не менее одного стыка	6, но не менее одного стыка
св. 0,005 до 0,3 МПа (за исключением указанных в поз. 3)	12, но не менее одного стыка	25, но не менее одного стыка
св. 0,3 до 0,6 МПа (за исключением указанных в поз. 3)	25, но не менее одного стыка	50, но не менее одного стыка
2. Подземные газопроводы давлением до 0,005 МПа, прокладываемые в пучинистых (кроме слабопучинистых), просадочных II типа, набухающих, многолетнемерзлых грунтах и других особых грунтовых условиях	6, но не менее одного стыка	12, но не менее одного стыка
3. Подземные газопроводы природного газа давлением св. 0,005 до 0,6 МПа, прокладываемые вне поселений за пределами черты их перспективной застройки	5, но не менее одного стыка	10, но не менее одного стыка
4. Во всех остальных случаях прокладки подземных газопроводов, предусмотренных таблицей 14	25, но не менее одного стыка	50, но не менее одного стыка

Примечания. 1. При протяжке полиэтиленовых газопроводов внутри стальных производится 100%-ный контроль сварных стыковых соединений.

2. Стыки, сваренные с помощью сварочной техники с ручным управлением, проверяются по нормам для стальных газопроводов, предусмотренным таблицей 14.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
(справочное)

Условные обозначения:

——ВО——	Хозяйственно-производственно-противопожарный водопровод
——В1——	Хозяйственно-питьевой водопровод
——В3——	Технический водопровод
——КО——	Производственно-бытовая канализация
——К1——	Хозяйственно-фекальная канализация
——К2——	Дождевая канализация (чистые стоки)
—1-К2-1—	Дождевая канализация (грязные стоки)
——К3——	Производственная канализация
——НК2—	Напорный трубопровод дождевой канализации (грязные стоки)
——К13——	Условно-чистые стоки
——д——	Технологический дренаж
——Д——	Строительный дренаж
—оТо-оТо—	Надземная прокладка тепловых сетей
═══════	Подземная прокладка тепловых сетей
——N——	Кабельная ЛЭП 0,4 кВ и 10 кВ
—о-N-о—	Кабельная линия сети наружного освещения
=N=N=N=	Прокладка кабеля в трубе
— — — —	Линия радиофикации
— — — —	Линия телефонизации
—/—/—/—	Линия кабельной телефонизации

Общее обозначение:

——ГО——	Газопровод низкого давления до 0,005 МПа
——Г1——	Газопровод среднего давления до 0,005…0,3 МПа
——Г3——	Газопровод высокого давления до 0,3…0,6 МПа
——Г4——	Газопровод высокого давления до 0,6…1,2 Мпа

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(справочное)

Таблица 6.1

Размещение инженерных сетей в плане относительно инженерных устройств и сооружений

Сети	Фундам. зданий и сооруж., путепроводов и тоннелей	Ограждения опор контактной сети и связи	Оси крайнего пути		Бортовые камни тротуаров и дорог	Наружная бровка кювета или подошвы насыпи (улицы, дороги)	Фундаменты опор воздушных линий электропередачи напряжением		
			Железные дороги (колея 1520 мм), не менее глубины траншеи до подошвы насыпи	Трамвая			до 1 кВ наружного освещения	1–35 кВ	110 кВ и выше
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Водопровод и напорная канализация	5,0	1,5	4,0	2,8	2,0	1,0	1,0	2,0	3,0
Самотечная канализация (бытовая и дождевая	3,0	3,0	4,0	2,8	1,5	1,0	1,0	2,0	3,0
Дренажи	3,0	1,0	4,0	2,8	1,5	10	1,0	2,0	3,0
Газопровод давлением до 0.005 МПа	2,0	1,0	3,8	2,8	1,5	1,0	1,0	5,0	10,0
0,005…0,3 МПа	4,0	1,0	4,8	2,8	1,5	1,0	1,0	5,0	10,0
0,3…0,6 Мпа	7,0	1,0	7,8	3,8	2,5	2,0	1,0	5,0	10,0
0,6…1,2 Мпа	10,0	1,0	10,8	3,8	2,5	2,0	1,0	5,0	10,0

Окончание таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тепловые сети (от наружной стенки канала)	2,0	1,5	4,0	2,8	1,5	1,0	1,0	2,0	3,0
Тепловые сети при бесканальной прок-ладке	5,0	1,5	4,0	2,8	1,5	1,0	1,0	2,0	3,0
Кабели силовые	0,6	0,6	3,2	2,8	1,5	1,0	0,5	10,0	10,0
Кабели связи	0,6	0,5	3,2	2,8	1,5	1,0	По нормам Минсвязи РФ		
Общие коллекторы	2,0	1,5	10,0	2,8	1,5	1,0	1,5	5,0	10,0

Примечания:

1. Для электрифицированных железных дорог расстояние от оси ближайшего пути до силовых кабелей и теплопроводов — не менее 10,8 м;

2. Расстояния от сетей водопровода и напорной канализации до фундаментов городских путепроводов и тоннелей допускается принимать 2 м при условии прокладки указанных трубопроводов выше на 0,5 м оснований путепроводов и тоннелей;

3. В таблице указаны газопроводы соответственно низкого, среднего и высокого давления;

4. В графах указаны расстояния (м) по горизонтали в свету.

Таблица 6.2

Размещение инженерных сетей относительно друг друга

Сети	Расстояние (м) по горизонтали в свету до инженерных сетей											
	водопровода	канализации (бытовой)	дренажей и дождевой канализации	Газопроводы давлением, Мпа кабелей силовых						кабелей связи	тепловых сетей	общих коллекторов
				До 0,005	0,005–0,3	0,3–0,6	0,6–1,2	До 35 кВ	35–110кВ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Водопровод	0,7-5,0	см. прим1	1,5	1,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,0	0,15	1,5	1,5
Канализация (бытовая)	см. прим1	0,4	4,0	1,0	1,5	2,0	5,0	1,0	1,0	0,5	3 — при бескан 1 — при прокл.в кан.	2,0
Дренажи и дождевая канализация	1,5	0,4	0,4	1,0	1,5	2,0	5,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,5
Газопроводы давлением до 0,005 Мпа 0,005…0,3 Мпа 0,3…0,6 Мпа 0,6…1,2 МПа	1,0 1,0 1,5 2,0	1,0 1,5 2,0 5,0	1,0 1,5 2,0 5,0	0,5 0,5 0,5 0,5	0,5 0,5 0,5 0,5	0,5 0,5 0,5 0,5	0,5 0,5 0,5 05	1,0 1,0 1,0 2,0	1,0 1,0 1,0 2,0	1,0 1,0 1,0 2,0	2,0 2,0 2,0 4,0	2,0 2,0 4,0 4,0
Кабели силовые до 35 кВ 35… 110 кВ	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	2,0 2,0	0,1-0,5 0,5	0,5 0,5	0,5 0,5	2,0 2,0	2,0 2,0

Окончание таблицы 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Кабельные линии связи	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	–	1,0	1,0
Тепловые сети	1,5	3 — при бескан 1 — при канал.	1,0	2,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	1,0	–	2,0
Общие коллекторы	1,5	2,0	1,5	2,0	2,0	4,0	4,0	2,0	2,0	1,0	2,0	–

Примечания:

1. При параллельной прокладке водопроводов питьевой воды и канализации расстояние между ними должно быть не менее 1,5 м при диаметре водопроводной линии Д ≤ 200 мм и не менее 3,0 м при Д › 200 мм, на этих участках водопровод монтируется из стальных труб;

2. При параллельной прокладке в одной траншее двух и более водопроводов расстояние между ними в свету должно быть: для труб Д ≤ 300 мм — не менее 0,4 м, а труб Д › 300 мм – не менее 0,5 м;

3. Расстояние от бронированных кабелей связи до газопроводов принимается равным 1 м;

4. При диаметре труб водопровода ≥ 300 мм расстояние между ними и кабелями связи принимается не менее 1,0;

5. Конкретные расстояния между водопроводными линиями в зависимости от диаметра трубопроводов, их материала и вида грунтов даются в СНиП 2.04.02-84.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
(справочное)

Основные буквенные обозначения величин

$Q_{сут.т}$ — расчетный (средний за год) суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте, (м^3/сут).

$N_{ж}$ — расчетное число жителей в районе жилой застройки с различной степенью благоустройства.

$q_{ж}$ — удельное среднесуточное (за год) водопотребление, (за год), л/сут.

$Q_{сут.max,}$ — суточный расход воды наибольшего водопотребления, (м^3/сут).

$Q_{сут.min}$ — суточный расход вод наименьшего водопотребления, (м^3/сут).

$K_{сут.}$ — коэффициент суточной неравномерности водопотребления, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели.

$K_{ч}$ — коэффициент часовой неравномерности водопотребления.

$q_{ч.max}$ — расчетный максимальный часовой расход, (м^3/ч).

$q_{ч.min}$ — расчетный минимальный часовой расход, (м^3/ч).

$Q_{сут.пр.}$ – расход воды на производственные нужды, (м^3/сут).

q — норма водопотребления на единицу продукции.

$Q_{ч}$ — расход воды для удаления избытка тепла, (м^3/ч).

$Q_{т}$ — количество тепла, выделяемого оборудованием за 1 час, Дж.

A — коэффициент, определяющий количество тепла, отводимого 1 м^3 воды за 1 час при нагреве ее на 1°С; A = 1/(4,19·10^7) м^3 °С/(чДж);

$Q_{тр}$ — транзитный расход воды, (м^3/ч).

$q_{пут.}$ — путевой расход воды, (м^3/ч).

$q_{узл.}$ — узловой расход воды, (м^3/ч).

$H_{сн.}$ — свободный напор (м.вод.ст.)

$K_{дет.\min}$ — коэффициент минимальной неравномерности водоотведения.

$K_{дет.\max}$ — коэффициент максимальной неравномерности водоотведения.

$Q_{ср.сут}$ — среднесуточный расход бытовых сточных вод, (м^3/сут).

$Q_{ср.ч}$ — среднечасовой расход бытовых сточных вод, (м^3/ ч).

$q_{max.с}$ — максимальный секундный расход бытовых сточных вод, (л/с).

$q_{min.c}$ — минимальный секундный расход бытовых сточных вод, (л/с).

$q_{уд.}$ — удельный секундный расход бытовых сточных вод, (л/с).

q_p — расчетный секундный расход бытовых сточных вод, (л/с).

$q_{ср.с}$ — средний секундный расход бытовых сточных вод, (л/с).

q — норма водоотведения на одного жителя, пользующегося канализацией, (л/сут.).

Q_{omax} — максимальный тепловой поток, на отопление жилых и общественных зданий, Вт.

Q_{vmax} — максимальный тепловой поток, на вентиляцию общественных зданий, Вт.

Q_{hmax} — максимальный тепловой поток, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, Вт.

Q_{hm} — средний тепловой поток, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, Вт.

Q_{om} — средний тепловой поток на отопление жилых и общественных зданий, Вт.

Q_{vm} — средний тепловой поток на вентиляцию общественных зданий, Вт.

$Q_o^{год}$ — годовой расход теплоты на отопление, Вт.

q_o — укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м^2 общей площади, Вт/м.

K_1 — коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий.

K_2 — коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий.

$Q_{hm}^{год}$ — годовой расход теплоты на горячее водоснабжение, Вт.

$Q_{vm}^{год}$ — годовой расход теплоты на вентиляцию, Вт.

q_h — укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение на одного человека.

Q_{hm}^s — средний тепловой поток на горячее водоснабжение в неотапливаемый период, Вт.

Q_d^h — расчетный часовой расход газа, (м^3/ ч).

$Q_г$ — годовой расход газа, м^3.

K_{max}^h — коэффициент часового максимума, коэффициент перехода от годового расхода к максимальному часовому расходу газа.

K_s — коэффициент одновременности для однотипных приборов или группы приборов.

q_n — номинальный расход газа прибором или группой приборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамов Н.Н.* Водоснабжение / Абрамов Н.Н. — М.: Стройиздат, 1982. — 440 с.
2. *Абрамов Н.Н.* Надежность системы водоснабжения / Абрамов Н.Н. — М.: Стройиздат, 1984. — 216 с.
3. *Алексеев М.И., Дмитриев В.Д.* Городские инженерные сети и коллекторы: учебник для вузов / Алексеев М.И., Дмитриев В.Д. — Л.: Стройиздат, 1990. — 384 с.
4. *Агабеков В.Б., Крючков В.М.* Городские энергетические сети: справочник / Агабеков В.Б., Крючков В.М. — М.: Стройиздат, 1987. — 384 с.
5. *Беляйкина И.В., Витальев В.П.* и др. Водяные тепловые сети: справочник-пособие по проектированию / Беляйкина И.В., Витальев В.П. и др.— М.: Энергоатомиздат, 1988. — 376 с.
6. *Богуславский Л.Д., Ливчак В.И., Титов В.П.* и др. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирование воздуха: справочное пособие / Богуславский Л.Д., Ливчак В.И., Титов В.П. и др.— М.: Стройиздат, 1990. — 624 с.: ил.
7. *Бухаркин Е.Н., Овсянников В.М., Орлов К.С.* и др.;— Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений: учебник для вузов / под редакцией Ю.П.Соснина.— М.: Высшая школа, 2001. — 415 с.:ил.
8. *Горюхин А.И.* Газовые сети и установки (устройство и проектирование): учебник для техникумов. — Изд. 2-е переработ. и доп. / Горюхин А.И. — М.: Стройиздат, 1978.— 383 с.: ил.
9. *Ионин А.А., Хлыбов Б.М.* Теплоснабжение / Ионин А.А., Хлыбов Б.М. — М.: Стройиздат, 1982. — 336 с.
10. *Ионин А.А.* Газоснабжение / Ионин А.А. — М.: Стройиздат, 1989. — 439 с.
11. *Сладков А.В.* Проектирование и строительство наружных сетей и канализации из пластмассовых труб / Сладков А.В. — М.: Стройиздат, 1988. — 207 с.
12. *Соколов Е.Я.* Теплофикация и тепловые сети / Соколов Е.Я. — М.: Энергоиздат, 1982. — 360 с.
13. *Стрижевский И.В., Сурис М.А.* Защита подземных теплопроводов от коррозии / Стрижевский И.В., Сурис М.А. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 344 с.
14. *Федоров Н.Ф., Курганов А.М.* и др. Канализационные сети. Примеры расчета / Федоров Н.Ф., Курганов А.М. и др. — М.: Стройиздат, 1985. — 223 с.
15. *Шальмов А.П., Яковлев Г.И.* Технология и организация строительства водопроводных и канализационных сетей и сооружений / Шальмов А.П., Яковлев Г.И. — М.: Стройиздат, 1981. — 312 с.
16. *Шепелев Н.П., Шумилов М.С.* Реконструкция городской застройки: учебник для вузов / Шепелев Н.П., Шумилов М.С. — М.: Высш. шк., 2000. — 271 с.; ил.
17. *Шубин Е.П.* Основные вопросы проектирования систем теплоснабжения городов / Шубин Е.П. — М.: Энергия 1979. — 360 с.
18. *Яковлев С.В.* и др. Канализация / Яковлев С.В. и др. — М.: Стройиздат, 1975. — 550 с.
19. СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. — М.: Минстрой России. ГПЦПП, 2000. — 128 с.
20. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. — 72 с.
21. СНиП 2.04.07-86* Тепловые сети. Минстрой России. — М.: ГПЦПП, 1994. — 48 с.
22. СНиП 2.04.08-87 Газоснабжение*. Минстрой России. — М.: ГПЦПП, 1994. — 48 с.
23. СНиП 2.07.01-89 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Минстрой России. — М.: ГПЦПП, 1996. — 84 с.
24. СНиП II-89-80 Генеральные планы промышленных предприятий М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. — 72 с.
25. СНиП 41-01-2002 Газораспределительные системы. — М.: ЦИТП Госстроя России, 2002. — 82 с.
26. СНиП 41-02-2003 Тепловые сети. Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу. — М.: ЦИТП Госстроя России, 2004. — 32 с.

27. ГОСТ 21.403-80 СПДС. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое.
28. ГОСТ 21.602-2003 СПДС. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Рабочие чертежи.
29. ГОСТ 21.604-82 СПДС. Водоснабжение и канализация. Наружные сети. Рабочие чертежи.
30. ГОСТ 21.605-82 СПДС. (СТ СЭВ 5676-86) Сети тепловые (тепломеханическая часть). Рабочие чертежи.
31. ГОСТ 21.609-83 СПДС. Газоснабжение. Внутренние устройства. Рабочие чертежи.
32. ГОСТ 21.610-85 СПДС. Газоснабжение. Наружные газопроводы. Рабочие чертежи.
33. ГОСТ 21.508-93 Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов.
34. ПБ-12-245-98 от 30.11.98 «Правила безопасности в газовом хозяйстве».
35. ПР-10-115-95 от 18.04.95 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».
36. «Правила пользования газом в народном хозяйстве», утвержденные Мингазпромом.
37. «Правила устройства электроустановок» (ПЭУ).
38. ГОСТ 9.602-89.ЕСЗКС. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
39. ГОСТ 5542-87. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения.Технические условия.
40. ГОСТ 6996-66. Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
41. ГОСТ 7512-82.* Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.
42. ГОСТ 9544-93. Арматура трубопроводная запорная. Нормы герметичности затворов.
43. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
44. ГОСТ 16037-80. Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
45. ГОСТ 20448-90. Газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления. Технические условия.
46. ГОСТ 27578-87. Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта. Технические условия.
47. ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету.

Учебное пособие

Галина Николаевна **Музалевская**

ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ ГОРОДОВ И НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Компьютерный набор: *Г.Н. Музалевская*
Компьютерная верстка: *А.С. Жучихина*
Корректор: *Ю.Р. Аделова*
Дизайн обложки: *Н.С. Кузнецова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Сдано в набор 17.12.05
Подписано к печати 16.06.06. Формат 60x90/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл.-печ. л. 9,5. Тираж 1000 экз. Заказ № 4133.

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации - оф. 511
тел., факс: (495)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, http://www.iasv.ru/

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленных диапозитивов в ОАО «Дом печати — ВЯТКА»
610033, г. Киров, ул. Московская, 122