

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

Н. В. Кундро
В. А. Зафатаев

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗДАНИЙ

Учебно-методический комплекс для студентов
специальности 1-69 01 01 «Архитектура»

Новополоцк
ПГУ
2013

УДК 696/697(075.8)
ББК 38.48я73
К91

Рекомендовано к изданию методической комиссией
инженерно-технологического факультета (протокол № 3 от 08.04.2013)

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

гл. инженер РТС Полоцкой ТЭЦ РУП «Витебскэнерго» М. Г. МОРОЗОВ;
канд. архитектуры, доц., зав. каф. архитектуры УО «ПГУ» Г. И. ЗАХАРКИНА

Кундро, Н. В.

К91 Инженерное оборудование зданий : учеб.-метод. комплекс для
студентов специальности 1-69 01 01 «Архитектура» / Н. В. Кундро,
В. А. Зафатаев. – Новополоцк : ПГУ, 2013. – 200 с.

ISBN 978-985-531-401-2.

Содержит рабочую программу, положения рейтингового контроля, лек-
ционные материалы. Предложены решения типовых задач.

Предназначен для студентов специальности 1-69 01 01 «Архитектура».
Может быть полезен для преподавателей вузов, учащихся средних специаль-
ных заведений.

УДК 696/697(075.8)
ББК 38.48я73

ISBN 978-985-531-401-2

© Кундро Н. В., Зафатаев В. А., 2013
© УО «ПГУ», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА	5
РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ	8
ТЕМА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	9
1.1. Здание как единая энергетическая система	9
1.2. Основные условные обозначения элементов инженерных систем зданий ..	12
ТЕМА 2. ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЯ	13
2.1. Понятие микроклимата. Условия комфорта.....	13
2.2. Свойства наружных ограждений и их влияние на воздушно-тепловой режим помещений в холодный период года.....	15
2.3. Тепловой баланс помещений в холодный период года. Расчетная мощность системы отопления.....	18
2.4. Летний тепловой режим зданий.....	21
ТЕМА 3. ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА	23
3.1. Общие сведения. Классификация систем вентиляции	23
3.2. Организация воздухообмена помещений	24
3.3. Расчет воздухообменов помещений	26
3.4. Вентиляционное оборудование.....	31
3.5. Воздухораспределители.....	37
3.6. Местная вентиляция.....	41
3.7. Кондиционирование воздуха.....	43
ТЕМА 4. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	45
4.1. Организация вентиляции жилых зданий	45
4.2. Конструктивные решения.....	46
ТЕМА 5. ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЙ	52
5.1. Общие сведения об отоплении. Классификация систем отопления	52
5.2. Системы водяного отопления	55
5.3. Размещение элементов системы отопления в здании.....	58
5.4. Отопительные приборы	61
5.5. Гидравлический расчет систем водяного отопления.....	75
5.6. Системы пароводяного отопления. Понятие о системах отопления зданий повышенной этажности	78
5.7. Системы парового отопления	80
5.8. Системы воздушного отопления	84
5.9. Местное отопление	89
5.10. Оборудование теплового пункта	92
ТЕМА 6. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДОТОВОЖДЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ И ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ	95
6.1. Водоснабжение	95
6.2. Канализация.....	101
ТЕМА 7. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ. МУСОРОУДАЛЕНИЕ. ЛИФТЫ	108
7.1. Санитарно-технические приборы.....	108
7.2. Водоснабжение зданий	110

7.3. Канализация зданий	112
7.4. Водоснабжение фонтанов и бассейнов	116
7.5. Мусороудаление из зданий.....	119
7.6. Лифты	121
ТЕМА 8. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	124
8.1. Теплоснабжение зданий.....	124
8.2. Газоснабжение жилых зданий.....	129
8.3. Горячее водоснабжение	133
8.4. Электрооборудование зданий	135
8.5. Автоматизация систем энергоснабжения	140
ТЕМА 9. ЗДАНИЯ С ЭФФЕКТИВНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ	
ЭНЕРГИИ	142
9.1. Использование энергии солнца.....	142
9.2. Использование биоконверсии для теплоснабжения.....	146
9.3. Использование низкопотенциальных альтернативных источников энергии и энергии ветра	147
9.4. Здания с эффективным использованием энергии	148
ТЕМА 10. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ	152
10.1. Назначение автоматического контроля. Классификация контрольно- измерительных приборов	152
10.2. Классификация и назначение систем телемеханики	153
10.3. Диспетчеризация систем энергоснабжения	156
10.4. Системы управления инженерным оборудованием зданий.....	156
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	159
ВОПРОСЫ КОЛЛОКВИУМОВ.....	188
ВОПРОСЫ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ.....	196
ЛИТЕРАТУРА	198

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Рабочая программа составлена на основе типовой учебной программы ТД – J.15/тип от 15.04.2005.

Дисциплина «Инженерное оборудование зданий» обеспечивает общепрофессиональную подготовку по вопросам рационального выбора и проектирования инженерных систем, а также инженерного оборудования зданий и сооружений.

Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является приобретение студентами базовых знаний по формированию инженерного оборудования и инженерных систем в архитектурно-планировочной структуре зданий, сооружений и в городской застройке, приобретение определенных навыков в постановке задания на проектирование инженерных систем.

Задачами изучения дисциплины являются:

– получение студентами знаний по основам теплового режима помещений и зданий, по принципам проектирования энергоэффективных зданий и автоматизированных инженерных систем в них;

– приобретение студентами определенных навыков в постановке заданий на проектирование инженерного оборудования в зданиях и сооружениях, в методах приобретения профессиональной интуиции при выборе теплозащитных материалов, инженерных устройств и систем автоматического регулирования, обеспечивающих оптимальный и экономичный режим эксплуатации при минимизации единовременных затрат;

– научить студентов анализировать и систематизировать техническую информацию и программное обеспечение (технические справочные каталоги фирм-производителей инженерного оборудования, материалов, средств автоматического управления и телекоммуникаций и др.), нормативную и методическую литературу.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

иметь представление о принципах проектирования инженерного оборудования жилых и общественных зданий;

знать:

– основы теплового режима помещений и зданий;

- условия формирования микроклимата помещений, определение его параметров;
- принципы расчета систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха;

уметь:

- рассчитать тепловой баланс помещений зданий;
- выполнить расчеты и анализ тепловлажностного режима ограждающих конструкций зданий;
- принимать решения по проектированию систем отопления и вентиляции жилых и общественных зданий.

Основные задачи дисциплины:

- получение студентами знаний по основам теплового режима помещений и зданий, по принципам проектирования энергоактивных и энергоэкономичных зданий и автоматизированных инженерных систем в них;
- приобретение студентами определенных навыков в постановке заданий на проектирование инженерного оборудования в зданиях и сооружениях, в методах приобретения профессиональной интуиции при выборе теплозащитных материалов, инженерных устройств и систем автоматического регулирования, обеспечивающих оптимальный и экономичный режим эксплуатации при минимизации единовременных затрат;
- приобретение студентами навыков анализа и систематизации технической информации и программного обеспечения (технические справочные каталоги фирм-производителей инженерного оборудования, материалов, средств автоматического управления и телекоммуникаций и др.), нормативной и методической литературы.

Виды занятий, формы контроля знаний	Дневное обучение
Курс	3
Семестр	6
Лекции, ч	30
Практические занятия, ч	16
Лабораторные занятия, ч	–
Курсовая работа, сем./ч	6/30
Всего аудиторных часов	46
Самостоятельная работа студентов, ч	56
Всего часов по дисциплине	132
Экзамен	6
Зачет	–

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

- Тема 1.** Общие сведения.
- Тема 2.** Тепловой режим помещений.
- Тема 3.** Вентиляция и кондиционирование воздуха.
- Тема 4.** Конструктивные элементы систем вентиляции жилых зданий.
- Тема 5.** Отопление зданий.
- Тема 6.** Водоснабжение и водоотведение населенных мест и промпредприятий.
- Тема 7.** Водоснабжение и канализация зданий. Мусороудаление. Лифты.
- Тема 8.** Энергоснабжение зданий и сооружений.
- Тема 9.** Здания с эффективным использованием энергии.
- Тема 10.** Системы управления.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

- 1.** Формирование микроклимата помещений. Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций.
- 2.** Выбор организации воздухообмена в зальных помещениях общественных зданий, в помещениях промышленных предприятий.
- 3.** Расчет теплового баланса и воздухообменов в теплый и холодный периоды года для зальных помещений. Конструирование и расчет системы отопления зрительного зала.
- 4.** Конструирование и расчет системы вентиляции и кондиционирования зрительного зала. Подбор оборудования систем вентиляции и кондиционирования.
- 5.** Тепловой баланс жилого дома в зимний период года. Расчет основных и добавочных теплопотерь через ограждения помещения. Расчет потерь теплоты на нагревание инфильтрующегося через наружные ограждения воздуха. Расчет теплового баланса помещения.
- 6.** Конструирование системы водяного отопления. Расчет температуры и количества элементов отопительных приборов однотрубной и двухтрубной систем водяного отопления.
- 7.** Проектирование энергоэффективных фасадов и планировочной структуры здания с помощью некоторых принципов биоклиматической и солнечной архитектуры. Формирование мусороудаления и ливневой канализации в многоэтажном жилом доме.

РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

Оцениваемая работа	Балл за единицу работы	Максимально возможный балл	Примечание
Лекционный курс			
Посещение лекций	2 часа = 3 балла	45	30 часов
Активная работа на лекциях	2 часа = 3 балла	45	30 часов
Подготовка дополнительного материала к лекциям	24 балла	120	5 тем
Контрольная проверка знаний		5 контрольных работ	
4 (четыре)	40	200	
5 (пять)	50	250	
6 (шесть)	60	300	
7 (семь)	70	350	
8 (восемь)	80	400	
9 (девять)	90	450	
10 (десять)	100	500	
Практические занятия			
Посещение занятий	2 часа = 3 балла	45	
Активная работа на практических занятиях		65	
Курсовое проектирование			
Активная работа в течение семестра		40	
Своевременная защита курсовой работы		40	
Уровень защиты курсовой работы		100	
4 (четыре)	40		
5 (пять)	50		
6 (шесть)	60		
7 (семь)	70		
8 (восемь)	80		
9 (девять)	90		
10 (десять)	100		
ИТОГО		1000	

Результат

4 (четыре)	5 (пять)	6 (шесть)	7 (семь)	8 (восемь)	9 (девять)	10 (десять)
400	500	600	700	800	900	1000

ТЕМА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Здание как единая энергетическая система

При проектировании архитектор решает задачу – наилучшим образом использовать положительное и максимально нейтрализовать отрицательное воздействие наружного климата на тепловой баланс здания. Задача инженера – организация такой системы кондиционирования микроклимата здания, которая с наименьшими затратами энергии обеспечит требуемые параметры в помещениях.

При проектировании зданий реализация проектов связана с защитой окружающей среды, повышением качества среды обитания человека, сохранением природных богатств – защитой интересов будущих поколений.

Архитекторы раскрыли красоту стекла, камня, дерева, металла и даже бетона и построили много замечательных зданий из этих материалов. От инженеров проектирование зданий требует индивидуального подхода и компетентных знаний в различных областях.

Лучшим результатом работы архитектора и инженера является здание, обеспечивающее минимум расхода энергии в системах его климатизации. Современные методы математического системного анализа позволяют находить такие оптимальные архитектурные и инженерные решения.

Архитектурные решения:

1. Выбор местоположения здания с учетом климатических особенностей, рельефа местности и существующей застройки в районе предполагаемого строительства.
2. Общая архитектурно-планировочная концепция здания.
3. Определение формы и ориентации здания.
4. Выбор остекления здания (площади и расположения светопроемов) и солнцезащиты.
5. Выбор конструкции и материалов наружной облицовки.
6. Выбор объемно-планировочных решений здания (внутренней планировки).
7. Выбор схемы организации освещения.

Инженерные решения:

1. Выбор источников теплоснабжения, в том числе возможность использования нетрадиционных источников энергии – солнечных, геотермальных, ветровых и т. д.

2. Выбор системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха здания.
3. Выбор конструкции и материалов наружных ограждений.
4. Выбор системы автоматического (автоматизированного) управления инженерным оборудованием здания.

Архитектурные решения зданий и сооружений всегда являются результатом компромисса между противоречивыми требованиями, которые обязан учитывать архитектор. Это художественная выразительность объемно-пространственного решения, новизна облика и одновременно экономичность строительства и эксплуатации зданий, эффективность вложения инвестиций, долговечность, ремонтпригодность. Среди набора приемов, придающих домам индивидуальность, – их ориентация и форма, цвет, архитектурные детали в виде рельефа наружной поверхности, комбинации стекла, стали, бетона на фасадах. Опираясь на них, архитектор не вправе упускать из виду влияние этих факторов на энергоэффективность здания, т. к. к затратам на его возведение прибавятся эксплуатационные – на стоимость дополнительной энергии, связанной с архитектурными решениями.

Инженерное оборудование зданий – комплекс технических устройств, обеспечивающих благоприятные (комфортные) условия быта, трудовой деятельности населения и технологического процесса в помещениях, включающий водоснабжение (холодное и горячее), газоснабжение, отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха, канализацию, электрооборудование, средства мусороудаления и пожаротушения, лифты, телефонизацию, радиофикацию и другие виды внутреннего благоустройства.

Область проектирования инженерного оборудования зданий характеризуется рядом специфических особенностей, отличающих ее от других областей архитектурно-строительного проектирования: большой номенклатурой технологических процессов в здании и многочисленными особенностями организации инженерного оборудования, обеспечивающими возможность осуществления технологического процесса; необходимостью глубоких знаний различных областей физики, аэрогидромеханики и математики, которые количественно и качественно определяют специфику работы инженерного оборудования.

В современном строительстве наряду с большими успехами имеется ряд недостатков, которые связаны с малой изученностью, а в ряде случаев – с недооценкой вопросов отопительно-вентиляционной техники. Это привело к появлению зданий с большими площадями остекления, неправильному выбору соотношений малоинерционных ограждающих конструкций

и инерционных систем отопления, что вызвало неоправданно широкое применение систем кондиционирования воздуха вследствие недостаточной теплоустойчивости здания.

Водоснабжение, канализация и санитарно-техническое оборудование зданий и сооружений определяют не только уровень их благоустройства, но и масштабы развития многих отраслей народного хозяйства. Системы водоснабжения и канализации, которые строятся в местах, где живут и работают люди и функционируют промышленные предприятия, относятся к одним из главнейших систем жизнеобеспечения. Снабжение потребителей водой высокого качества и в достаточном количестве имеет большое санитарно-гигиеническое, экономическое и социальное значение.

Все сказанное выше свидетельствует о большом значении систем водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в инженерном оснащении зданий и сооружений и наглядно подтверждает необходимость уделять этому вопросу серьезное внимание на всех стадиях строительства, начиная со стадии проектирования.

Задача будущего архитектора – овладеть принципиальными особенностями проектирования инженерных систем зданий, рассматривая их в тесной связи с принимаемыми архитектурно-планировочными решениями.

Здание представляет собой сложную архитектурно-конструктивную систему с многообразием составляющих ее элементов ограждающих конструкций и инженерного оборудования, в которых протекают различные по физической сущности процессы поглощения, превращения и переноса теплоты.

Под действием разности температур наружного и внутреннего воздуха и солнечной радиации помещение через ограждающие конструкции в зимнее время теряет, а в летнее получает теплоту. Гравитационные силы, действие ветра и вентиляция создают перепады давлений, приводящие к перетеканию воздуха между сообщающимися помещениями и к его фильтрации через поры материалов и неплотности ограждений. Атмосферные осадки, влаговыделения в помещениях, разность влажности внутреннего и наружного воздуха приводят к влагообмену через ограждения, под влиянием которого возможно увлажнение материалов и ухудшение их теплозащиты.

Наружные ограждающие конструкции защищают помещение от неблагоприятных воздействий климата, специальные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха поддерживают в помещении в течение всего года определенные параметры внутренней среды. Совокуп-

ность всех инженерных средств и устройств, обеспечивающих заданные условия микроклимата в помещениях здания, называется **системой кондиционирования микроклимата**.

Тепловым режимом здания называется совокупность всех факторов и процессов, определяющих тепловую обстановку в его помещениях.

В архитектурном проектировании следует стремиться к максимальному использованию архитектурно-планировочных и конструктивных решений для обеспечения требуемого микроклимата в помещениях.

При этом архитектору важно помнить, что даже самые совершенные системы обогрева/охлаждения и вентиляции помещений не дадут ожидаемого эффекта, более того, окажутся бездейственными в обеспечении требуемого микроклимата помещения, если они не соответствуют архитектуре здания.

Изучение здания как единой энергетической системы имеет своей целью определение наиболее целесообразного сочетания и оптимальных показателей элементов системы кондиционирования микроклимата.

1.2. Основные условные обозначения элементов инженерных систем зданий

Чертеж – своеобразный графический язык; такой язык интернационален. Он понятен любому технически грамотному человеку независимо от того, на каком языке он говорит. **Чертеж** – это документ, содержащий изображение предмета и другие данные, необходимые для изготовления и контроля этого предмета, выполненный по определенным правилам с помощью специального инструмента.

Составление, а также оформление чертежей и текстовой части к ним выполняются в полном соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

Для грамотного чтения чертежей необходимо знание основных условных обозначений, применяемых при проектировании инженерных систем. Условные обозначения элементов санитарно-технических систем установлены ГОСТ 21.205-93.

ТЕМА 2. ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЯ

2.1. Понятие микроклимата. Условия комфортности

Около 80 % своей жизни человек проводит в помещении. Здоровье и работоспособность человека в значительной степени зависят от того, насколько помещение в санитарно-гигиеническом отношении удовлетворяет его физиологическим требованиям.

Под **микроклиматом помещения** понимается совокупность теплового, воздушного и влажностного режимов в их взаимосвязи. Основное требование к микроклимату – поддержание благоприятных условий для людей, находящихся в помещении.

Человек в процессе обмена веществ выделяет определенное количество тепловой энергии, которая путем конвекции, излучения, теплопроводности и испарения передается окружающей среде. Поддержание постоянной температуры организма обеспечивает физиологическая система терморегуляции. Для нормальной жизнедеятельности и хорошего самочувствия человека должен быть тепловой баланс между теплотой, вырабатываемой организмом, и теплотой, отдаваемой в окружающую среду.

Интенсивность теплоотдачи человека зависит от микроклимата помещения, характеризующегося температурой внутреннего воздуха t_g , радиационной температурой помещения (осредненной температурой его ограждающих конструкций) t_R , скоростью движения (подвижностью) и относительной влажностью ϕ_g воздуха.

На основании различных сочетаний этих параметров различают условия:

- **комфортные** или **оптимальные**, при которых сохраняется тепловое равновесие в организме человека и отсутствует напряжение в его системе терморегуляции;
- **допустимые**, при которых человек ощущает некоторый дискомфорт, однако длительное нахождение в таких условиях не приводит к заболеваниям человека.

Комфортные условия должны быть обеспечены прежде всего в **обслуживаемой** или **рабочей зоне помещения**, под которой понимают ту часть помещения, в которой человек находится основное рабочее время (для сидячих рабочих мест это пространство до высоты 1,5 м от пола помещения, для стоячих рабочих мест – 2 м от пола).

Тепловые условия в помещении зависят, главным образом, от температуры внутреннего воздуха t_g и радиационной температуры помещения

t_R , то есть от его температурной обстановки, которую принято характеризовать двумя условиями комфортности.

Первое условие комфортности определяет такую область сочетаний $t_в$ и t_R , при которых человек, находясь в центре рабочей зоны, не испытывает ни перегрева, ни переохлаждения.

Второе условие комфортности определяет допустимые температуры нагретых и охлажденных поверхностей при нахождении человека в непосредственной близости от них. Во избежание недопустимого радиационного перегрева или переохлаждения головы человека поверхности потолка и стен могут быть нагреты или охлаждены до допустимой температуры [12].

Основные нормативные требования к микроклимату помещений содержатся в нормативной литературе [1, 2] и отраслевых нормах, действующей на территории Республики Беларусь.

При определении расчетных параметров воздуха в помещении учитывается способность человеческого организма к акклиматизации в разные периоды года, интенсивность выполняемой работы и характер тепловыделений в помещении.

Расчетные параметры воздуха нормируются в зависимости от периода года. Различают три периода года – теплый, холодный и переходный. **Холодный** период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха t_H ниже $+ 8 \text{ }^\circ\text{C}$, **теплый** – температурой наружного воздуха t_H выше $+ 8 \text{ }^\circ\text{C}$, **переходным** считается период года со среднесуточной температурой наружного воздуха $t_H = + 8 \text{ }^\circ\text{C}$.

По интенсивности труда все работы делятся на три категории: **легкие** (с затратой энергии до 172 Вт), **средней тяжести** (с затратой энергии от 172 до 293 Вт) и **тяжелые** (с затратой энергии более 293 Вт).

Определяющими параметрами наружного воздуха для холодного периода являются температура наружного воздуха t_H и скорость ветра v_H . В некоторых случаях кроме этих параметров учитывается значение относительной влажности наружного воздуха ϕ_H .

Теплый период года определяется, прежде всего, интенсивностью солнечной радиации и температурой наружного воздуха.

Расчетные параметры наружного воздуха принимаются на основании данных метеорологических наблюдений в различных географических пунктах. Температура наружного воздуха t_H , скорость ветра v_H и энтальпия I_H для различных городов Беларуси приведены в [3, 4].

Требуемый микроклимат в помещении создается следующими системами инженерного оборудования зданий:

– **система вентиляции** предназначена для удаления из помещений загрязненного и подачи в них чистого воздуха, при этом температура воздуха не должна меняться, то есть обеспечивает воздушный режим помещений. Система вентиляции состоит из устройств для нагревания, увлажнения и осушения приточного воздуха.

– **система кондиционирования воздуха** является более совершенным средством создания и обеспечения в помещениях улучшенного микроклимата, то есть заданных параметров воздуха – температуры, влажности и чистоты при допустимой скорости движения воздуха в помещении независимо от наружных метеорологических условий и переменных по времени вредных выделений в помещении. Системы кондиционирования воздуха состоят из устройств термовлажностной обработки воздуха, очистки его от пыли, биологических загрязнений и запахов, перемещения и распределения воздуха в помещении, автоматического управления оборудованием и аппаратурой;

– **система отопления** служит для создания и поддержания в помещениях в холодный период года необходимых температур воздуха, то есть обеспечивает необходимый тепловой режим в помещении.

2.2. Свойства наружных ограждений и их влияние на воздушно-тепловой режим помещений в холодный период года

В холодный период года под влиянием низкой температуры наружного воздуха и ветра через наружные ограждения происходит потеря теплоты и их внутренние поверхности, обращенные в помещение, оказываются относительно холодными. В то же время поверхности отопительных устройств в помещении имеют повышенную температуру. Температура наружного воздуха непрерывно изменяется, в связи с чем изменяются температуры поверхностей ограждений и отопительных приборов, интенсивность конвективных токов. Усилия систем, создающих и поддерживающих тепловой и воздушный режимы помещений, могут быть сведены на нет, если наружные ограждения помещений не будут обладать высокими теплотехническими характеристиками.

Поэтому при разработке проекта отапливаемого здания большое внимание уделяется конструкциям наружных ограждений.

Теплозащитные качества ограждения принято характеризовать *величиной сопротивления теплопередаче* R_T , которая численно равна падению температуры в градусах при прохождении теплового потока в 1 Вт через 1 м² ограждения. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций определяется в соответствии с рекомендациями [10]:

$$R_T = \frac{1}{\alpha_{в}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{н}}, \quad (2.1)$$

где $\alpha_{в}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/м²·град; $\alpha_{н}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/м²·град; R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции, м²·град/Вт.

Величина термического сопротивления многослойной ограждающей конструкции определяется как сумма термических сопротивлений каждого из слоев, рассчитываемых по формуле

$$R = \delta / \lambda, \quad (2.2)$$

где δ – толщина слоя ограждающей конструкции, м; λ – коэффициент теплопроводности материала слоя ограждающей конструкции, Вт/м·град.

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче $R_{T,TP}$, которое является минимально допустимым, удовлетворяющим в зимних условиях санитарно-гигиеническим требованиям, и не менее нормативного значения $R_{T,норм}$, установленного требованиями [10].

Правильно выбранная конструкция ограждения и строго обоснованная величина его сопротивления теплопередаче обеспечивают требуемый микроклимат и экономичность конструкции здания.

Требования к расчетам сопротивления теплопередаче всех наружных ограждающих конструкций приведены в ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника» [10].

При разности давлений воздуха с одной и с другой стороны ограждения через него может проникать воздух в направлении от большего давления к меньшему. Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждений возникает вследствие разности плотностей наружного и внутреннего воздуха (гравитационное давление) и под влиянием ветра (ветровое давление). Это явление называется *фильтрацией*. Если фильтрация происходит в направлении от наружного воздуха в помеще-

ние, то она называется *инфильтрацией*, при обратном направлении – *эксфильтрацией*.

Свойство ограждения или материала пропускать воздух называется **воздухопроницаемостью**. Воздухопроницаемость ограждающей конструкции оценивается по *величине сопротивления воздухопроницанию* R_B . Фильтрация наружного воздуха через ограждения в холодный период года вызывает дополнительные потери теплоты помещениями, а также охлаждение внутренних поверхностей ограждения. Поэтому в соответствии с требованиями [10] сопротивление воздухопроницанию R_B должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию $R_{B,TP}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$.

Еще одним фактором, снижающим теплозащитные качества ограждений, а, следовательно, и нарушающим воздушно-тепловой баланс помещения, является повышение влажности строительных материалов. Кроме того, влажностный режим ограждений оказывает влияние и на долговечность ограждения. В ограждающих конструкциях может оказаться строительная влага (при возведении зданий или при изготовлении сборных железобетонных конструкций), грунтовая влага (вследствие капиллярного всасывания), атмосферная влага (при косом дожде или из-за неисправности кровли), эксплуатационная влага. От всех видов влаги необходимо и возможно избавиться до начала эксплуатации здания. А избавление от конденсационной влаги нужно предусматривать еще в процессе проектирования. Процесс конденсации тесно связан с теплотехническим режимом ограждения. Влага из воздуха может конденсироваться как на внутренней поверхности ограждения, так и в его толще. Влажность воздуха в помещении обусловлена производственными процессами, а также выделением влаги находящимися в помещении людьми, выделением влаги при приготовлении пищи, стирке белья, мытье полов и т. п.

Оценка **паропроницаемости** ограждающих конструкций производится по *величине сопротивления паропроницанию*. Для однородного слоя материала сопротивление паропроницанию определяется по формуле [10]

$$R_{II} = \delta / \mu, \quad (2.3)$$

где δ – толщина слоя ограждающей конструкции, м; μ – коэффициент паропроницаемости материала слоя ограждающей конструкции, $\text{мг} / (\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$, который зависит от физических свойств материала и представляет собой количество водяного пара, которое диффундирует в течение 1ч через 1 м^2

плоской стенки толщиной 1 м при разности упругостей водяного пара с одной и другой ее стороны, равной 1 Па.

Для предупреждения конденсации в толще ограждения более плотные, теплопроводные и малопаропроницаемые материалы должны располагаться у внутренней поверхности ограждения, а у наружной поверхности, наоборот, – пористые, малотеплопроводные и более паропроницаемые.

2.3. Тепловой баланс помещений в холодный период года.

Расчетная мощность системы отопления

Тепловой режим в зависимости от назначения здания может быть постоянным или переменным. **Постоянный тепловой режим** должен поддерживаться круглосуточно в течение всего отопительного периода в жилых, производственных с непрерывным режимом работы зданиях, детских и лечебных учреждениях, гостиницах, санаториях и др. Для этих целей и проектируется система отопления. Для определения необходимости устройства системы отопления составляют **тепловой баланс** помещений. Для этого определяют теплотери $\Sigma Q_{ном}$, Вт, и теплопоступления $\Sigma Q_{пост}$, Вт, в помещения. Если теплотери окажутся больше теплопоступлений, то требуется отопление помещения.

Тепловая мощность системы отопления $Q_{с.о}$ в помещении принимается равной **теплонедежурности** в нем, т. е.

$$Q_{с.о} = \Sigma Q_{ном} - \Sigma Q_{пост} \cdot \quad (2.4)$$

Если в здании (чаще всего эта ситуация характерна для производственных зданий) теплопоступления $\Sigma Q_{пост}$ больше теплотери $\Sigma Q_{ном}$, то говорят о **теплоизбытках** в помещении, которые устраняются системой приточной вентиляции. В таких помещениях при круглосуточном режиме работы систему отопления не предусматривают.

Переменный тепловой режим характерен для производственных зданий с одно- и двухсменной работой, а также для ряда общественных зданий. В помещениях этих зданий необходимые тепловые условия поддерживают только в рабочее время. В нерабочее время либо используют имеющуюся систему отопления, либо устраивают **дежурное отопление** для поддержания в помещении температуры воздуха $t_g = +5$ °С. Если в рабочее время теплопоступления превышают теплотери, то в здании устраивают только дежурное отопление.

Суммарные теплопотери помещения определяются по формуле

$$\Sigma Q_{пот} = Q_{огр} + Q_{инф} + Q_{мат} + Q_{проч} , \quad (2.5)$$

где $Q_{огр}$ – суммарные потери теплоты в помещении через ограждающие конструкции, Вт; $Q_{инф}$ – потери теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха, Вт; $Q_{мат}$ – потери теплоты на нагрев материалов и транспорта, попадающих в помещение снаружи, Вт; $Q_{проч}$ – прочие теплопотери в помещении, Вт.

Суммарные теплопоступления в помещение

$$\Sigma Q_{пост} = Q_{об} + Q_{мат} + Q_{быт} + Q_{эл} + Q_{чел} + Q_{с.р.} + Q_{проч} , \quad (2.6)$$

где $Q_{об}$ – теплопоступления от технологического оборудования, Вт; $Q_{мат}$ – теплопоступления от нагретых материалов, Вт; $Q_{быт}$ – бытовые теплопоступления, Вт; $Q_{эл}$ – теплопоступления от электрооборудования и освещения, Вт; $Q_{чел}$ – теплопоступления от людей, Вт; $Q_{с.р.}$ – теплопоступления от солнечной радиации, Вт; $Q_{проч}$ – прочие теплопоступления в помещение, Вт.

Для кухонь и комнат жилых зданий учитываются только теплопотери через ограждения и на нагрев инфильтрующегося воздуха и теплопоступления от бытовых приборов. И тогда выражение (2.4) с учетом (2.5) и (2.6) для таких помещений примет вид

$$Q_{с.о} = Q_{огр} + Q_{инф} - Q_{быт} . \quad (2.7)$$

Потери теплоты помещениями через ограждающие конструкции разделяются условно на основные и добавочные.

Основные теплопотери определяют отдельно для каждого наружного ограждения, а затем суммируют. Методика расчета потерь теплоты через ограждения приводится в [4, прил. Ж]. Потери теплоты через ограждение определяются по формуле

$$Q_{огр} = \frac{F}{R_T} (t_g - t_{ext}) (1 + \Sigma \beta) n , \quad (2.8)$$

где F – площадь ограждающей конструкции, м²; R_T – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м²·К)/Вт; t_g – температура внутреннего воздуха, °С; t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха, при-

нимаемая равной температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 при расчете потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции, или температуре воздуха более холодного помещения – при расчете потерь теплоты через внутренние ограждающие конструкции, °С; n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху; β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.

Добавочные теплопотери принимаются в долях от основных потерь теплоты и учитывают ориентацию ограждений по сторонам света, продуваемость помещений с двумя наружными стенами и более, подогрев врывающегося воздуха через наружные двери или ворота. Значения добавочных потерь приведены в [4, прил. Ж].

Затраты теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха в жилых и общественных зданиях без организованного притока и с естественной вытяжкой принимаются, согласно методике, приведенной в [4, прил. К], равными большей из величин, полученных по следующим формулам:

$$Q_{инф} = 0,28 \sum G_{инф} c (t_g - t_n) k; \quad (2.9)$$

$$Q_{инф} = 0,28 L \rho_n c (t_g - t_n), \quad (2.10)$$

где $\sum G_{инф}$ – расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения; c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/кг·°С; t_g – температура внутреннего воздуха, °С; t_n – расчетная температура наружного воздуха, °С; k – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока в конструкциях; L – расход удаляемого воздуха, м³/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, принимаемый из расчета 3 м³/ч на 1 м² площади пола помещения; ρ_n – плотность наружного воздуха, кг/м³.

Методика расчета других видов теплопотерь в помещении приведена в [14, гл. 8].

Для жилых зданий учитываются **бытовые теплопоступления** в кухнях и жилых комнатах в размере 21 Вт на 1 м² площади пола [4]:

$$Q_{быт} = 21 F_n, \quad (2.11)$$

где F_n – площадь пола помещения, м².

Методика определения остальных видов теплопоступлений в помещении приведена в [15, гл. 2].

Для оценки теплотехнических показателей принятого конструктивно-планировочного решения введено понятие *удельного расхода тепловой энергии* q_A , Вт·ч/(м²·°С·сут), и q_V , Вт·ч/(м³·°С·сут), определяемого по формулам [4]

$$q_A = \frac{Q_s}{A_{bu}D} \cdot 10^3; \quad (2.12)$$

$$q_V = \frac{Q_s}{V_{bu}D} \cdot 10^3, \quad (2.13)$$

где Q_s – суммарный годовой расход тепловой энергии на отопление здания, кВт·ч; A_{bu} – отапливаемая площадь здания, м², определяемая по внутреннему периметру наружных вертикальных ограждающих конструкций; V_{bu} – отапливаемый объем здания, м³; D – количество градусо-суток отопительного периода, °С·сут.

Значение расхода тепловой энергии не должно превышать средних значений, приведенных в [4, прил. А], а поэтому еще на стадии проектирования и разработки объемно-планировочных и конструктивных решений здания инженеры-строители должны учитывать факторы, влияющие на эту величину. К этим факторам можно отнести объем и форму здания, степень остекления, площадь наружных ограждений и вид их теплозащиты.

Значение удельного расхода тепловой энергии может быть использовано и для определения ориентировочных потерь теплоты помещения (расчет по укрупненным показателям).

2.4. Летний тепловой режим зданий

Особенностью летнего теплового режима зданий является определение теплоступлений от солнечной радиации. Она имеет периодический характер в течение суток, что приводит к нестационарности процессов теплообмена в летний период. В жаркие летние месяцы здания подвергаются перегреву, что приводит к созданию дискомфортных тепловых условий, и, как следствие, к существенной перенапряженности системы терморегуляции человека.

Второй особенностью летнего режима является влияние архитектурно-планировочных и конструктивных решений здания.

В результате больших теплоступлений от солнечной радиации в летний период года здания могут перегреваться, что приводит к наруше-

нию микроклимата в помещениях. Поэтому основными системами, поддерживающими тепловой и воздушный режимы в здании в теплый период, являются **системы вентиляции и кондиционирования воздуха**. Эти системы позволяют удалить из помещений горячий загрязненный воздух, заменяя его чистым и охлажденным. Расчетная мощность системы вентиляции $Q_{вент}$ определяется исходя из суммарных тепlopоступлений через ограждения от солнечной радиации $Q_{с.р}$ и от технологического оборудования $Q_{техн}$, которые необходимо из помещения удалить:

$$Q_{вент} = Q_{с.р} + Q_{техн} \cdot \quad (2.14)$$

Так как тепlopоступления от солнечной радиации неравномерны в течение суток, то в расчет чаще всего принимается максимальное за сутки значение тепlopоступлений [12].

Так как немаловажное значение имеют конструктивные и планировочные решения здания, то они должны быть выполнены при проектировании с учетом снижения тепlopоступлений в помещения. К таким мероприятиям относится устройство всевозможных средств тепло- и солнцезащиты зданий, козырьков, жалюзи. Эти мероприятия позволяют не только снизить тепlopоступления в помещения, но и уменьшить расчетную нагрузку на системы вентиляции и кондиционирования воздуха, что ведет к снижению затрат энергии холода и электрической энергии.

ТЕМА 3. ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

3.1. Общие сведения. Классификация систем вентиляции

Вентиляция в переводе с латинского языка – «проветривание», т. е. обновление воздуха помещения. Проветривание помещения может быть естественным – неорганизованным и организованным, а также искусственным.

Для естественного проветривания помещения необходимым является наличие или разности температур воздуха помещения и наружного, или воздействия ветра, или совместного их действия, вызывающего гравитацию воздуха помещения.

При неорганизованном проветривании, которому способствуют форточки, оконные и дверные проемы, камин, а также различные неплотности в строительных конструкциях, воздухообмен помещения получается естественным, произвольным, нерегулируемым. В этом случае параметры воздушной среды помещения неуправляемы.

Но так как в помещениях чаще всего должна создаваться определенная воздушная среда, отвечающая санитарно-гигиеническим или технологическим требованиям, возникает необходимость в организованном воздухообмене, т. е. в замене воздуха расчетного регулируемого количества естественным или искусственным путем, т. е. организованной вентиляцией.

Организованная вентиляция – естественный или искусственный регулируемый воздухообмен в помещениях, обеспечивающий создание воздушной среды в соответствии с санитарно-гигиеническими и технологическими требованиями норм.

Классификация систем вентиляции:

- по назначению – приточные (*чистый воздух подается в помещение*), вытяжные (*загрязненный воздух удаляется из помещения*);
- по способу перемещения воздуха – естественная (*удаление или подача воздуха происходит под действием разности давлений внутреннего и наружного воздуха и действием ветра*) и механическая (*воздух перемещается под действием давления, создаваемого вентилятором*);
- по способу организации воздухообмена в помещении – общеобменная (*предусматривается для создания одинаковых условий воздушной среды во всем помещении*), местная (*загрязненный воздух удаляется прямо от мест его загрязнения*), смешанная (*комбинация общеобменной и местной в промышленных зданиях*), аварийная (*для удаления внезапно, нежиз-*

данно выделившихся вредных веществ в количестве, значительно превышающем ПДК) и противодымная (для обеспечения эвакуации людей на начальной стадии пожара);

– по способу подачи воздуха – канальная (*воздух подается и удаляется по специально предназначенным для этого каналам и воздуховодам*) и бесканальная (*воздух проходит через отверстия в наружных ограждениях*).

Организованная вентиляция является совокупностью инженерно-технических средств и архитектурных решений здания и представляет собой систему, которая может быть сложной, включающей в себя комплекс инженерных устройств (воздухоподготовку, транспортировку, подачу и удаление воздуха), а может быть значительно проще – система «фрамуги-фонари».

В любом случае архитектурное решение помещения должно способствовать осуществлению воздухообмена. Архитектурная деталь здания может являться составной частью системы вентиляции. Архитектурное решение помещения может способствовать эффективному действию системы вентиляции и, наоборот, без учета особенностей вентиляционных решений – нарушать воздухообмен помещений.

Высокое качество распределения воздуха в объеме помещения обеспечивается синтезом технологических инженерных и архитектурных средств. Большой частью устройства для распределения воздуха включают в интерьер самых ответственных помещений объекта и часто резко снижают его эстетические свойства (достоинства). В помещениях малых объемов, требующих малых воздухообменов, как правило, бывает по одному приточному и вытяжному устройству (порой – по одному из них) простых форм и незначительных размеров. В помещениях больших объемов устройства распределения воздуха представляют собой сложную систему, состоящую из сети каналов, транспортирующих воздух, снабженных приточными и вытяжными устройствами принятой формы, расчетных размеров и количеств.

3.2. Организация воздухообмена помещений

Выбор схемы воздухообмена помещения – сложная задача, так как характер и скорость перемещения воздуха зависят одновременно от многих факторов: от вида выделяющихся вредностей и степени равномерности их выделения в помещении; от разности температур воздуха приточной струи и помещения; от скорости и количества воздуха; от степени загромождения помещения оборудованием, людьми, животными, от подвижно-

сти работающих агрегатов технологических линий, транспортных средств, людских потоков и в том числе – от места расположения и конструктивного решения приточных и вытяжных устройств помещения. Последний фактор определяет главную взаимосвязь с архитектурно-строительным проектированием.

Выбор схемы воздухообмена базируется в основном на закономерностях движения приточных струй, а не вытяжных, и поэтому – на конструктивном решении приточных устройств.

Приточная струя воздушного потока – компактная и дальнобойная, выходя из отверстия, расширяется, вовлекая (эжектируя) в циркуляцию большое количество окружающего воздуха, при этом скорость струи затухает, а факел ее размывается. Область действия ее значительно больше области действия всасывающей струи у вытяжного отверстия. В отличие от приточного к вытяжному отверстию воздух из помещения равномерно притекает со всех сторон. Даже при значительной скорости всасывания уже на небольшом расстоянии от вытяжного отверстия не наблюдается заметного движения воздуха. Скорость воздуха в вытяжных устройствах не оказывает существенного влияния на скорость движения воздуха помещения, но положение вытяжного отверстия влияет на характер воздушных потоков.

Воздухообмен в помещении может организовываться по следующим схемам (рис. 3.1):

а) «снизу вверх» (см. рис. 3.1, *а*) – приток дается в рабочую зону, вытяжка производится из верхней зоны; применяется при одновременном выделении теплоты и пыли в помещении;

б) «сверху вниз» (см. рис. 3.1, *б*) – приток – в верхнюю зону, вытяжка – из рабочей зоны; применяется при одновременном выделении пыли и тяжелых газов;

в) «сверху вверх» (см. рис. 3.1, *в*) – воздух подается и удаляется из верхней зоны; применяется в жилых и общественных помещениях;

г) «снизу вверх и вниз» (см. рис. 3.1, *г*) – приток – в рабочую зону, вытяжка – из верхней и рабочей; при выделении пыли и газов с различной плотностью и при недопустимости их скопления в верхней зоне;

д) «сверху и снизу вверх» (см. рис. 3.1, *д*) – приток – в верхнюю и рабочую зоны, удалений – из верхней зоны; применяется при одновременном выделении теплоты и влаги или только влаги;

е) «снизу вниз» (см. рис. 3.1, *е*) – воздух подается и удаляется из рабочей зоны; применяется при небольшой высоте помещения и наличии местных отсосов от источников вредных выделений.

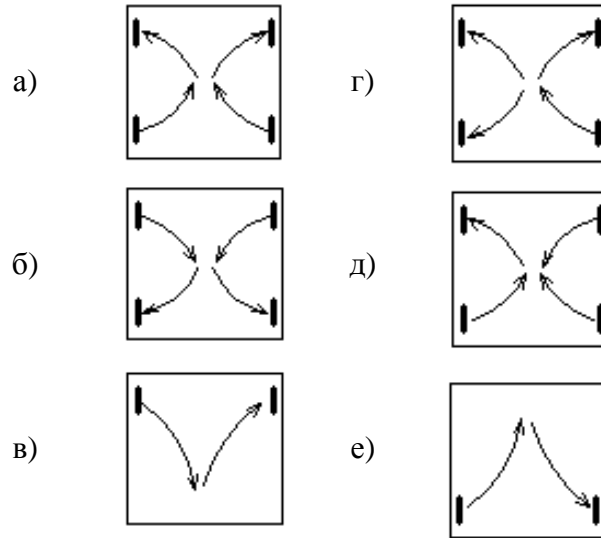


Рис. 3.1. Схемы организации воздухообменов

3.3. Расчет воздухообменов помещений

Воздухообменом L , м³/ч, называется количество чистого воздуха, необходимого для частичной или полной замены воздуха помещения, содержащего вредные выделения. Количество воздуха, подаваемого или удаляемого за 1 ч из помещения, отнесенное к внутреннему объему этого помещения, называется кратностью воздухообмена n , ч⁻¹.

Воздухообмен в помещениях определяется отдельно для теплого и холодного периодов при плотности приточного и удаляемого воздуха $\rho = 1,2$ кг/м³ по формулам:

– по избыткам явной теплоты

$$L = L_{p.з} + \frac{3,6Q_{явн} - cL_{p.з}(t_{p.з} - t_{np})}{c(t_y - t_{np})}; \quad (3.1)$$

– по избыткам полной теплоты

$$L = L_{p.з} + \frac{3,6Q_{полн} - 1,2L_{p.з}(I_{p.з} - I_{np})}{1,2(I_y - I_{np})}; \quad (3.2)$$

– по избыткам влаги (водяного пара)

$$L = L_{p.з} + \frac{W - 1,2L_{p.з}(d_{p.з} - d_{np})}{1,2(d_y - d_{np})}; \quad (3.3)$$

– по массе выделяющихся вредных веществ

$$L = L_{p.з} + \frac{m_{po} - L_{p.з}(k_{p.з} - k_{np})}{k_y - k_{np}}; \quad (3.4)$$

– по нормируемой кратности воздухообмена

$$L = nV; \quad (3.5)$$

– по нормируемому удельному расходу приточного воздуха

$$L = FL'_{np} \quad \text{или} \quad L = NL''_{np}, \quad (3.6)$$

где $L_{p.з}$ – расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, м³/ч; $Q_{явн}, Q_{полн}$ – избыточные явный и полный тепловые потоки в помещение, Вт; c – теплоемкость воздуха, равная 1,2 кДж/(м³·°С); $t_{p.з}$ – температура воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне помещения, удаляемого системами местных отсосов, и на технологические нужды, °С; t_y – температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, °С; t_{np} – температура воздуха, подаваемого в помещение, °С; W – избытки влаги в помещении, г/ч; $d_{p.з}$ – влагосодержание воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, г/кг; d_y – влагосодержание воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, г/кг; d_{np} – влагосодержание воздуха, подаваемого в помещение, г/кг; $I_{p.з}$ – удельная энтальпия воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, кДж/кг; I_y – удельная энтальпия воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, кДж/кг; I_{np} – удельная энтальпия воздуха, подаваемого в помещение, кДж/кг; m_{po} – расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч; $k_{p.з}, k_y$ – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом, соответственно, из обслуживаемой или рабочей зоны помещения и за ее пределами, мг/м³; k_{np} – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, мг/м³; V – объем помещения, м³; F – площадь помещения, м²; N – число людей (посетителей), рабочих мест, единиц оборудова-

ния; n – нормируемая кратность воздухообмена, ч^{-1} ; L'_{np} – нормируемый расход приточного воздуха на 1 м^2 пола помещения, $\text{м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$; L''_{np} – нормируемый удельный расход приточного воздуха на 1 чел., $\text{м}^3/\text{ч}$, на 1 рабочее место, на 1 посетителя или единицу оборудования.

За расчетное значение воздухообмена при проектировании вентиляционных установок принимается большее из полученных по формулам (3.1) – (3.6) значение.

Для расчета воздухообменов определяют значения вредных выделений в помещении (избытки или недостатки полной и явной теплоты, влаговыведения, газовыведения).

Избытки или недостатки явной и полной теплоты в помещении, Вт, определяются по формуле

$$\pm Q = Q_{\text{л}} + Q_{\text{обор}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{с.р}} - Q_{\text{ном}}, \quad (3.7)$$

где $Q_{\text{л}}$ – тепlopоступления от людей, Вт; $Q_{\text{обор}}$ – тепловыведения от оборудования, Вт; $Q_{\text{осв}}$ – тепlopоступления от осветительных приборов, Вт; $Q_{\text{с.р}}$ – тепlopоступления от солнечной радиации (через покрытие и заполнение световых проемов), Вт; $Q_{\text{ном}}$ – потери теплоты помещением, Вт.

Количество теплоты, Вт, выделяемое человеком в помещение, определяется по формуле

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{изб}}^{\text{явн}} N k, \quad (3.8)$$

где $q_{\text{изб}}^{\text{явн}}$ – выделение теплоты одним человеком (мужчиной), Вт, определяемое в зависимости от температуры помещения для холодного и теплого периодов года (принимается по табл. 3.1); N – число людей в помещении; k – коэффициент снижения тепловыведений (для женщин в расчетах вводится коэффициент $k = 0,85$, для детей $k = 0,75$).

Тепlopоступления от искусственного освещения

$$Q_{\text{осв}} = 1000 N_{\text{осв}} \eta, \quad (3.9)$$

где $N_{\text{осв}}$ – мощность осветительных приборов, кВт; η – доля теплоты, поступающей в помещение; $\eta = 0,4 \dots 0,7$ для люминесцентных светильников, $\eta = 0,8 \dots 0,9$ для ламп накаливания.

Для бесчердачных зданий тепlopоступления от солнечной радиации через совмещенное покрытие

$$Q_n = \frac{F_{\text{покp}}}{R_o} (t_n^{\text{усл}} - t_g), \quad (3.10)$$

где $F_{покр}$ – площадь покрытия, м²; R_o – термическое сопротивление покрытия, (м²·°C)/Вт; $t_n^{усл}$ – условная среднесуточная температура наружного воздуха, °C,

$$t_n^{усл} = t_n^A + \rho \frac{J_{cp}}{\alpha_n}, \quad (3.11)$$

t_n^A – температура воздуха в теплый период года для проектирования вентиляции (параметры А), [7, прил. Е]; ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности покрытия (для рубероида $\rho = 0,9$); J_{cp} – среднесуточное количество теплоты от суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) на горизонтальную поверхность, Вт/м² (для 56° с. ш. $J_{cp} = 328$ Вт/м²); $\alpha_n = 5 + 10\sqrt{v}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности покрытия, Вт/(м² °C); v – расчетная скорость ветра в теплый период, м/с [7, прил. Е]; t_e – температура воздуха в помещении в теплый период, °C.

В табл. 3.1 приведены данные по тепло-, газо- и влаговыведениям одного человека.

Таблица 3.1

Выделение человеком (мужчиной) углекислого газа CO_2 m_{CO_2} , г/ч, влаги w , г/ч, явной и полной теплоты $q_{изб}^{явн}$, $q_{изб}^{полн}$, Вт

Категория работы	m_{CO_2}	Температура окружающего воздуха, °C														
		10			15			20			25			30		
		$q_{изб}^{явн}$	$q_{изб}^{полн}$	w	$q_{изб}^{явн}$	$q_{изб}^{полн}$	w	$q_{изб}^{явн}$	$q_{изб}^{полн}$	w	$q_{изб}^{явн}$	$q_{изб}^{полн}$	w	$q_{изб}^{явн}$	$q_{изб}^{полн}$	w
Покой	40	140	165	30	120	145	30	90	120	40	60	95	50	40	95	75
Легкая	45	150	180	40	120	160	55	100	150	75	65	145	115	40	145	150
Средней тяжести	60	165	215	70	135	210	110	105	205	140	70	200	185	40	200	230
Тяжелая	90	200	290	135	165	290	185	130	290	240	95	290	295	50	290	355

Количество теплоты, поступающей в помещение через световые проемы за счет солнечной радиации, в случае, когда над окнами отсутствуют солнцезащитные козырьки, определяются как

$$Q_p = \sum_1^n (q_{en} + q_{ep}) k_1 k_2 F_o c_m, \quad (3.12)$$

где n – количество стен с окнами в помещении; q_{en} , q_{ep} – количество теплоты, поступающей, соответственно, от прямой и рассеянной солнечной радиации в июле (зависит от ориентации остекления и географической широты), принимается по табл. 3.2; k_1 – коэффициент, учитывающий затенение остекления световых проемов переплетами; k_2 – коэффициент, учитывающий загрязнение стекла; F_o – площадь световых проемов, м²; c_m – коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств.

Таблица 3.2

Поступления теплоты от прямой q_{en} и рассеянной q_{ep} солнечной радиации в июле через вертикальное одинарное остекление

Широта, °с. ш.	Тепловой поток (количество теплоты), Вт/м ²							
	С		СВ		В		ЮВ	
	q_{en}	q_{ep}	q_{en}	q_{ep}	q_{en}	q_{ep}	q_{en}	q_{ep}
44	–	71	256	101	490	121	398	108
48	35	69	222	99	497	121	427	112
52	26	69	197	97	498	123	449	114
56	26	69	174	87	504	114	489	108
60	15	59	147	77	509	99	501	98

Окончание табл. 3.2

Широта, °с. ш.	Тепловой поток (количество теплоты), Вт/м ²							
	Ю		ЮЗ		З		СЗ	
	q_{en}	q_{ep}	q_{en}	q_{ep}	q_{en}	q_{ep}	q_{en}	q_{ep}
44	288	85	398	108	509	130	369	98
48	317	88	427	112	542	129	385	98
52	344	91	448	114	545	129	391	98
56	398	92	479	108	547	122	547	122
60	449	91	501	98	556	110	404	86

3.4. Вентиляционное оборудование

Воздушная среда помещения, как уже было сказано выше, должна иметь определенные постоянные параметры. Вместе с тем, воздушная среда помещения находится в зависимости от выделяющихся в помещение вредных веществ и от параметров наружного воздуха. Для ассимиляции вредных веществ в воздухе помещения недостаточно только заменять его определенным количеством наружного воздуха, но и необходимо этот наружный воздух подготовить должным образом.

В организованной вентиляции, обеспечивающей подачу воздуха в помещение, воздухоподготовка заключается в очистке и нагреве его и осуществляется в **приточных камерах** (рис. 3.2).

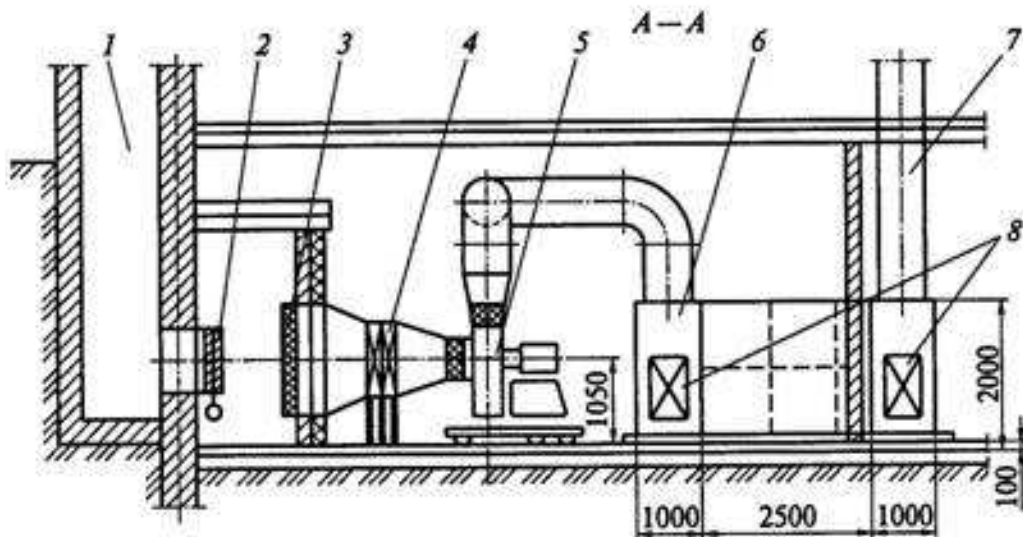


Рис. 3.2. Приточный центр: 1 – воздухозаборная шахта; 2 – воздушный клапан; 3 – фильтр; 4 – воздухонагреватель; 5 – вентилятор; 6 – шумоглушитель; 7 – приточный воздуховод; 8 – люки обслуживания

Воздух забирается снаружи через **воздухоприемное устройство**, которое должно быть расположено в продуваемой незагрязненной зоне. По отношению к каким-либо источникам загрязнения оно должно находиться с заветренной стороны на расстоянии по горизонтали не менее 12 м и по вертикали – не менее 6 м. Архитектурная форма воздухоприемного устройства должна быть увязана с внешним оформлением здания. Для предотвращения засорения отверстие для поступления наружного воздуха должно располагаться на высоте не менее 2 м от земли и быть закрыто решеткой. Воздухоприемное устройство может быть выполнено как отвер-

стие в наружном ограждении, как приставная шахта, как шахта, отнесенная на какое-то расстояние от стены здания, или как шахта, выведенная над крышей здания.

Очистка воздуха от пыли может осуществляться перед подачей наружного воздуха в вентилируемое помещение и при подмешивании к наружному воздуху рециркуляционного воздуха помещения. Производится она в секциях очистки воздуха. **Секция очистки воздуха**, которую часто называют фильтром, предназначена для снижения в обрабатываемом воздухе концентрации механических примесей и доведения этого параметра до уровня ниже ПДК. Второе назначение секции фильтрации – защита теплообменных поверхностей (в утилизаторах теплоты, калориферах и воздухоохладителях) от загрязнений механическими примесями. В секциях грубой очистки могут применяться металлизированные сетки и ткани из синтетических волокон. Конструктивно фильтрующие элементы могут быть оформлены в виде ячеек (панелей), гофрированных листов, карманов различной длины и т. д. Фильтры грубой очистки (по европейскому стандарту EUROVENT 4 – 5 классы EU1...EU4) имеют степень очистки 65...90 %; фильтры среднего класса (EU5...EU9) имеют степень очистки до 95 %.

Изменение температуры и влажности воздуха можно осуществить с помощью поверхностных теплообменников и камер орошения, в контакте со средой, обрабатывающей воздух, а также путем смешения наружного воздуха с рециркуляционным.

После очистки воздуха в приточной камере в холодный период года должен производиться нагрев воздуха. Процесс нагрева воздуха происходит в поверхностных теплообменниках, называемых калориферами. Обработка воздуха осуществляется теплоносителем (паром, водой, газом, электричеством) при нагревании. При обработке воздух не контактирует с теплопередающей средой, а теплопередача осуществляется через металлическую поверхность теплообменника. Передача теплоты в теплообменниках от рабочей среды к воздуху (при нагреве) происходит при неизменном влагосодержании.

Калориферы – стальные и оцинкованные паровоздушные или водовоздушные теплообменники, применяемые в основном для сухого нагрева.

Для обработки расчетного количества воздуха от температуры t_H до t_B могут потребоваться несколько калориферов, и тогда их размещают и питают теплоносителем по последовательной или параллельной схеме движения воздуха и теплоносителя.

Стальные калориферы рассчитаны на рабочее давление 1,2 Па. По движению теплоносителя они подразделяются на одноходовые для пара (КП) и многоходовые (обычно четыре хода) для воды (КВ), и каждые из перечисленных бывают двух моделей: средние (С) глубиной 120 мм и большие (Б) глубиной 220 мм. Каждая модель калорифера общепромышленного применения имеет несколько номеров, отличающихся друг от друга габаритами, а значит, и поверхностью нагрева.

Для нагрева воздуха кроме паровоздушных, водовоздушных калориферов используют электрокалориферы с регулируемым электронагревом и огневоздушные кирпичные калориферы, работающие на топочных газах. Огневоздушные калориферы очень громоздки. Сейчас они применяются редко, чаще восстанавливаются при реконструкции старых зданий-памятников (храмы, музеи).

Так как поверхность нагрева при установке типовых калориферов принимается с запасом на 10...20 %, для получения расчетного значения температуры воздуха, как правило, установка калориферов снабжается обводным клапаном. Клапан монтируют над калорифером или сбоку, и степень его открытия определяется требуемой температурой смеси.

Секции утилизации теплоты предназначены для повторного применения теплоты или холода, забираемых от уходящего воздуха систем вентиляции и кондиционирования, от технологических потоков и местных отсосов и т. п. В системах кондиционирования воздуха в качестве утилизаторов тепловой энергии применяются пластинчатые рекуперативные теплообменники с перекрестным движением теплоносителей, роторные теплообменники регенеративного типа и теплообменники с промежуточным теплоносителем. В отдельных случаях применяются теплообменники-утилизаторы на тепловых трубах. Применение секции утилизации теплоты должно обосновываться технико-экономическими расчетами. Тип секции утилизации теплоты определяется характеристиками потоков и требованиями, предъявляемыми к помещению, в котором необходимо осуществлять кондиционирование воздуха.

Наибольшее применение в технике кондиционирования воздуха получили пластинчатые теплообменники-утилизаторы. В случае переноса теплоты в теплообменнике между воздушными средами процесс может идти с конденсацией водяных паров в одном из трактов, причем в зависимости от периода года это может происходить и на тракте удаляемого воздуха, и на тракте приточного воздуха. При наличии конденсации влаги теплообменники комплектуются поддонами для сбора конденсата и сепара-

торами для предотвращения уноса капель в последующие элементы воздушного тракта.

Перемещение воздуха в системах механической вентиляции осуществляется с помощью давления, создаваемого таким устройством, как **вентилятор**. По принципу действия и назначению вентиляторы подразделяются на радиальные, осевые, крышные, канальные и потолочные (рис. 3.3).

Обычный *радиальный вентилятор* (см. рис. 3.3, а) состоит из трех основных частей: рабочего колеса с лопатками, улиткообразного кожуха и станины с валом, шкивом и подшипниками. Работа радиального вентилятора заключается в следующем: при вращении рабочего колеса воздух поступает через входное отверстие в каналы между лопатками колеса, под действием центробежной силы перемещается по этим каналам, собирается спиральным кожухом и направляется в его выходное отверстие. Вентилятор, у которого колесо правильно вращается по часовой стрелке при наблюдении со стороны всасывания, называется вентилятором правого вращения, а против часовой стрелки – левого вращения (правильным считается вращение колеса по ходу разворота спирали).

Простейший *осевой вентилятор* (см. рис. 3.3, б) состоит из рабочего колеса, закрепленного на втулке и насаженного на вал электродвигателя, и кожуха (обечайки), создающего направленный поток воздуха. Недостатки: большой уровень шума при работе; неспособность преодоления больших сопротивлений и, как следствие, малый радиус действия и неспособность работы на разветвленную сеть. Преимущества: сравнительно небольшая масса; компактность, возможность включения непосредственно в сеть воздухопроводов.

Крышный вентилятор (см. рис. 3.3, в) представляет собой вентиляционный агрегат, приспособленный для установки вне помещений на бесчердачном покрытии производственных и общественных зданий вместо большого числа вытяжных шахт или аэрационных фонарей. Его вал имеет вертикальное положение, а рабочее колесо вращается в горизонтальной плоскости. Эти вентиляторы бывают радиальные (применяются только для установок общеобменной вытяжной вентиляции как без сети, так и с сетью воздухопроводов) и осевые (применяются только для децентрализованных установок общеобменной вытяжной вентиляции без сети воздухопроводов).

Канальные вентиляторы (см. рис. 3.3, г, д) предназначены для установки непосредственно в сети воздухопроводов и выпускаются круглой и прямоугольной формы корпуса в соответствии с габаритами воздухопроводов. Они могут применяться как для общеобменной, так и для местной вентиляции.

Потолочные вентиляторы (см. рис. 3.3, *e*) предназначены для периодического увеличения скорости движения воздуха в теплый период года в производственных и общественных зданиях. Потолочный вентилятор состоит из двигателя, на вал которого насажены лопасти. Двигатель с помощью системы подвеса крепят к арматуре или специальному устройству в перекрытии здания.

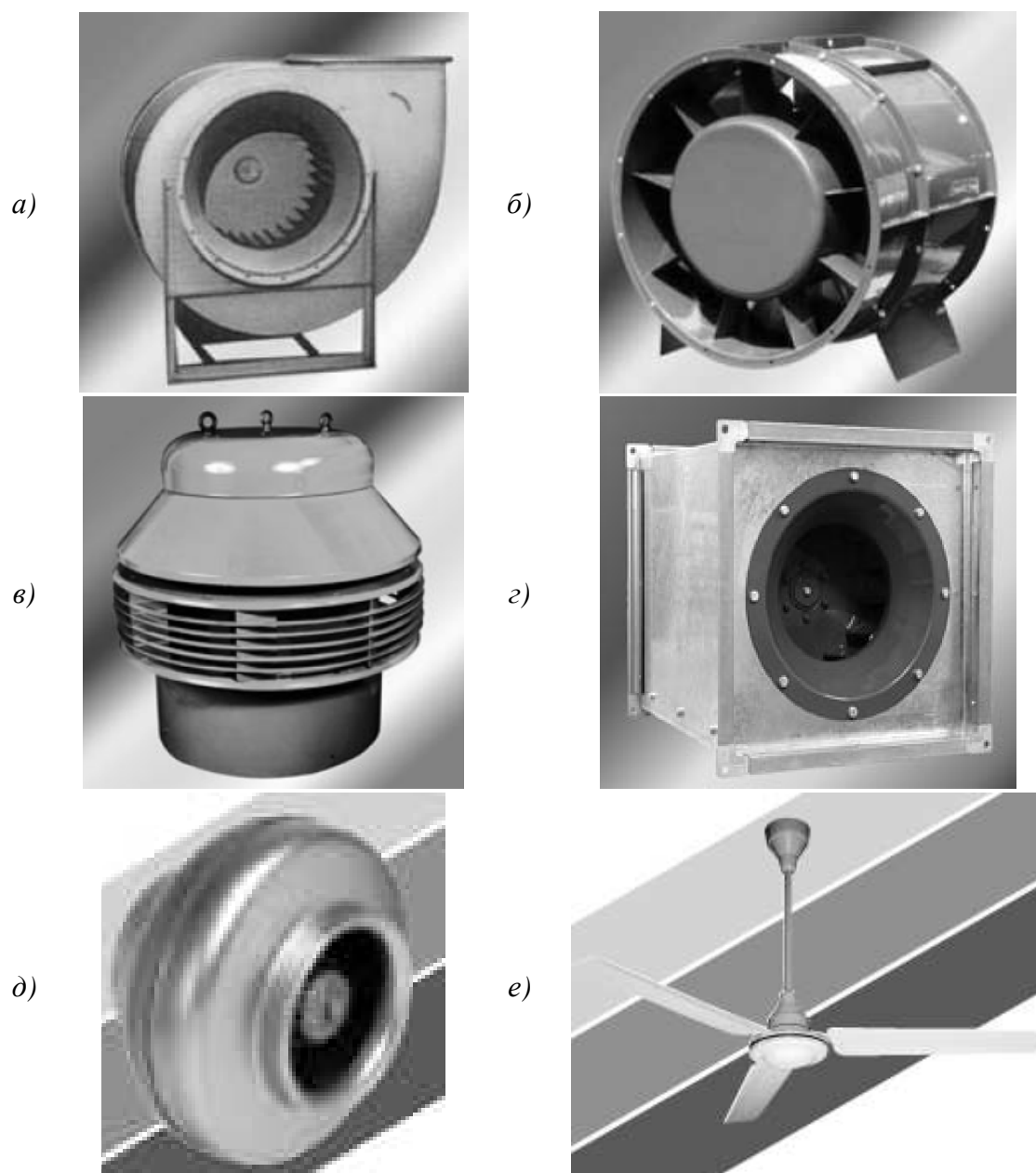


Рис. 3.3. Вентиляторы: *a* – радиальный; *б* – осевой; *в* – крышный; *г*, *д* – каналный; *е* – потолочный

Вентилятор подбирают по расходу воздуха и требуемому полному давлению вентилятора, пользуясь рабочими характеристиками, приведенными в справочной литературе.

Основным недостатком систем вентиляции вообще является высокий уровень **шума**, создаваемого ими при работе. Разделяют два вида шума – аэродинамический и механический.

Аэродинамический шум образуется вследствие вихреобразования у лопастей колеса и кожуха вентилятора. **Механический шум** создается от вибрации лопастного колеса, кожуха и электродвигателя, а также от подшипников, передачи и других элементов вентиляторной установки.

Наиболее часто применяемые **шумоглушители** конструктивно делятся на пластинчатые и трубчатые (рис. 3.4). Главная их особенность – наличие развитых поверхностей, облицованных звукопоглощающим материалом.

Пластинчатый шумоглушитель представляет собой коробку из тонкого металлического листа, проходное сечение которой разделено пластинами или ячейками, облицованными звукопоглощающим материалом.

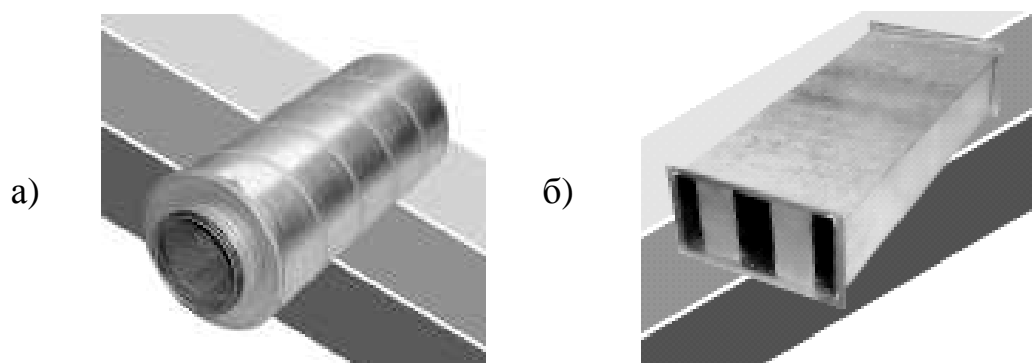


Рис. 3.4. Конструкции шумоглушителей: *а* – трубчатый; *б* – пластинчатый

Звукопоглощающие материалы (минеральная вата, войлок из органических волокон, стекловолокно и пр.) различной толщины подвергаются противоабразивной обработке для снижения потерь напора из-за трения, также они могут иметь покрытие из синтетического очень легкого материала, например, пластика. Ячейки могут располагаться между двумя слоями металлического перфорированного листа. Расстояние между ячейками колеблется от 75 до 300 мм, в зависимости от размеров шумоглушителя. При равенстве сечений на входе и выходе увеличение количества ячеек приводит к снижению шума, но в то же время увеличивает потери давления.

Трубчатый шумоглушитель выполняется в виде двух круглых или прямоугольных труб, вставленных одна в другую. Пространство между наружной (гладкой) и внутренней (перфорированной) трубой заполнено звукопоглощающим материалом, например, стекловолокном, покрытым тонким слоем пластика. Размеры внутренней трубы совпадают с размерами воздуховода, на котором устанавливается шумоглушитель.

Трубчатые шумоглушители применяют на воздуховодах диаметром до 500 мм. Величина понижения шума в шумоглушителе при равных показателях скорости воздуха зависит, главным образом, от толщины и местоположения звукопоглощающих слоев, а также длины самого шумоглушителя, имеющего, как правило, стандартную длину 600, 900 и 1200 мм.

3.5. Воздухораспределители

Воздухораспределитель представляет собой устройство, через которое воздух из приточного воздуховода поступает в помещение.

По конструктивному исполнению воздухораспределители и устройства воздухоудаления весьма разнообразны (рис. 3.5) – решетки, плафоны, сопла, перфорированные панели и воздуховоды, панели с форсунками, направляющими струю, различного рода насадки, например вихревые, для подачи в рабочую зону с малыми скоростями и др.

Решетки могут быть приточными и вытяжными. Те и другие бывают регулируемыми и нерегулируемыми; круглой, квадратной, прямоугольной формы; металлические (чаще стальные или алюминиевые) или пластмассовые; с декоративным оформлением или без него; различных расцветок и размеров; с направлением потока приточного (или с забором удаляемого) воздуха в одну, две, три или четыре стороны.

Специальные модификации решеток предназначаются для работы во влажных и агрессивных средах (в бассейнах, производственных помещениях).

В зависимости от конструкции решетки создают компактные, плоские, неполные веерные или иные типы струй.

Некоторые конструкции решеток являются универсальными и применяются как в приточных, так и в вытяжных системах.

Устанавливаются решетки приточных и вытяжных устройств чаще на стенах выше обслуживаемой зоны. В то же время они могут быть специально предназначенными для установки в потолке (для вытяжки, притока или универсальные) либо для напольной раздачи или удаления воздуха.

Существуют также переточные решетки, предназначенные для перетока воздуха из одного помещения в другое. Переточные решетки обычно выполняются из пластмассы и могут быть настенные или дверные, различных цветов, звуко- и светонепроницаемые.

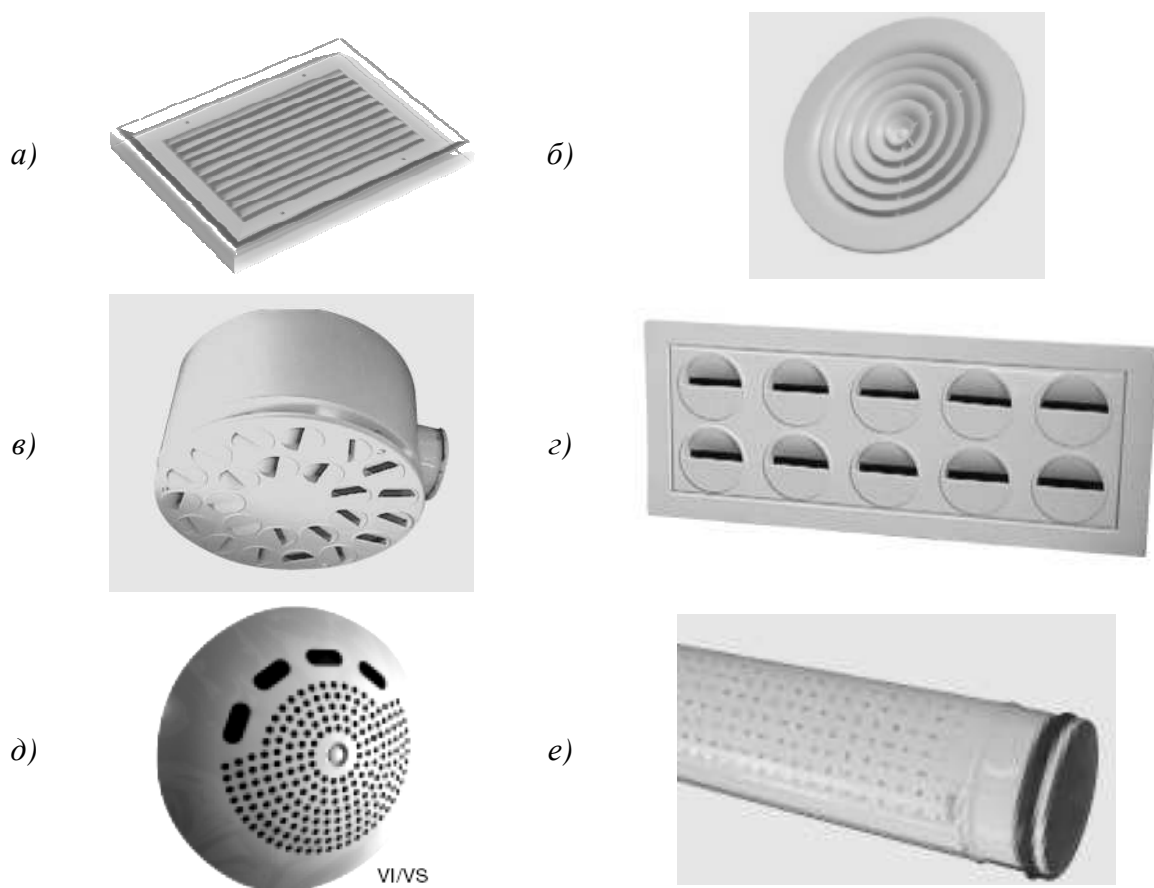


Рис. 3.5. Конструкции воздухораспределителей: *а* – решетка; *б* – плафон; *в* – плафоны с закруткой потока; *г* – воздухораспределитель с форсунками; *д* – сопловый воздухораспределитель; *е* – перфорированный воздуховод

Щелевые воздухораспределители создают плоские струи. По сравнению с решетками при одинаковой площади выпуска воздуха щелевые воздухораспределители формируют струю с большей дальностью. Плоская на истечении струя на расстоянии, равном $6L$ (L – размер длинной стороны щелевого распределителя), трансформируется в круглую и ее течение подчиняется законам осесимметричных струй.

Щелевые воздухораспределители бывают приточные и вытяжные, нерегулируемые и с регулированием расхода и направления выпуска воздуха, а также стальные, алюминиевые, иногда пластмассовые. Они предназначены для настенной, потолочной и напольной установки.

Плафонами называют воздухораспределители, предназначенные для размещения на потолке и создающие веерные или конические струи. Иногда используют плафоны для настенной и напольной установки.

По конструкции плафоны могут быть дисковыми и многодиффузорными. Дисковые плафоны имеют плоский диск, оставляющий между собой и корпусом воздухораспределителя кольцевую щель, через которую истекает рассеянная коническая струя. Многодиффузорные плафоны состоят из ряда конусов с увеличивающимися диаметрами. Они одновременно могут создавать веерные струи, настилающиеся на потолок, и осесимметричная струя, обладая малой дальностью, размывается уже на расстоянии, равном двум – четырем диаметрам патрубка.

Плафоны могут быть приточные и вытяжные, а также универсальные, регулируемые и нерегулируемые; круглой, квадратной, прямоугольной формы; металлические или пластмассовые; различных расцветок и размеров.

Дисковые и многодиффузорные плафоны могут иметь регуляторы расхода воздуха и характеристик струи.

Есть также **приточные плафоны с закруткой потока**. Наиболее распространенной среди них является конструкция, в которой выпуск воздуха осуществляется через неподвижные лопасти или лопасти, вращаемые потоком воздуха. Причем поворот лопастей к потоку может быть регулируемый или нерегулируемый.

При выпуске воздуха через воздухораспределитель такой конструкции образуется свободно закрученная струя, характеризующаяся быстрым падением скоростей (быстрой ассимиляцией).

Воздухораспределители с закруткой потока выполняются из металла или пластика и могут иметь не только круглую, но и квадратную форму, в основном для потолочной установки.

Насадки с форсунками состоят из воздухораспределительной панели и камеры постоянного давления, через которую подводится приточный воздух. На воздухораспределительной панели определенным образом располагаются форсунки, через которые воздух подается в помещение отдельными закрученными струями. Форсунки могут поворачиваться на 360°, поэтому направление каждой струи может быть отрегулировано в отдельности. Приточные насадки, снабженные воздухораспределительной панелью с форсунками, разнообразны по форме. Они бывают круглые, квадратные и «линейные». Плотность расположения форсунок на панели также может быть различная.

Сопловые воздухораспределители предназначены для раздачи воздуха с высокими скоростями истечения (до 30 – 40 м/с). При использовании системы воздухораздачи с направляющими соплами воздух подается основными и направляющими струями. Основные компактные струи создаются небольшим числом обычных воздухораспределительных решеток, через которые 70 – 90 % всего подаваемого воздуха выпускается с малой начальной скоростью (до 4 м/с). Дополнительные горизонтальные и вертикальные (или только горизонтальные) конические сопла, расположенные вдоль оси основной струи, создают дополнительные направляющие струи, имеющие большую начальную скорость. Горизонтальные направляющие струи сообщают дополнительные импульсы основным струям, чем увеличивают длину зоны эффективного действия системы по сравнению с сосредоточенной подачей, а также компенсируют воздействие вертикальных направляющих струй на основные струи.

Перфорированный воздухораспределитель – один из видов воздухораспределителя, представляющий собой панель с перфорацией или воздуховод круглого или прямоугольного сечения с небольшими отверстиями (перфорацией) в стенках, расположенными в несколько рядов.

С помощью перфорированного воздухораспределителя создаются хорошо проветриваемые отдельные зоны в помещении. Для этого перфорированную панель или воздуховод размещают непосредственно над рабочим местом таким образом, что оно оказывается «затопленным» значительными объемами приточного воздуха без активного перемешивания с окружающим воздухом. Широкое применение перфорированные воздухораспределители получили в общественных зданиях, в помещениях малой высоты, так как позволяют обеспечить небольшие скорости воздуха в обслуживаемой зоне при большой кратности воздухообмена.

Основной характеристикой перфорированного воздухораспределителя является коэффициент живого сечения, то есть отношение площади отверстий ко всей площади поверхности, на которой они размещены. Чем больше коэффициент, тем быстрее «затухает» струя.

При раздаче воздуха через перфорированные панели и перфорированные воздуховоды удаление воздуха из помещения возможно как из рабочей зоны, так и из верхней зоны.

Для удаления воздуха выпускаются перфорированные решетки, которые состоят из перфорированной стальной пластины, укрепленной на

алюминиевой раме. Перфорированные решетки могут иметь клапаны регулирования расхода воздуха.

Насадки для подачи воздуха в рабочую зону представляют собой класс низкоскоростных (менее 0,2 м/с) воздухораспределителей для создания малотурбулентного потока. Они применяются в схемах воздухораспределения типа «*displacement ventilation*» (вентиляция вытеснением).

Такой метод основан на использовании естественных конвективных потоков, восходящих от тепловых источников (в том числе от людей) в помещении. Чистый приточный воздух, раздаваемый в помещении низкоскоростными воздухораспределителями, затопливает рабочую зону помещения, вытесняя нагретый загрязненный воздух в верхнюю зону помещения, откуда он удаляется через обычные вытяжные устройства.

Воздухораспределитель состоит из перфорированной наружной стальной облицовки и примыкающей к ней вплотную изнутри ячеистой проставки с размером отдельной сотовой ячейки 20×20 или 25×25 мм и глубиной 100 – 150 мм. Подвод воздуха осуществляется через камеру постоянного давления сбоку или сверху по отношению к перфорированной панели.

Воздухораспределители такого типа устанавливаются в нижней части помещения от уровня пола по периметру помещения. Из имеющихся разнообразных по форме воздухораспределителей можно подобрать такие, чтобы внешний вид устройства хорошо сочетался с интерьером помещения.

Применение насадок для подачи воздуха в рабочую зону по схеме «вентиляция вытеснением» рекомендуется в торговых залах магазинов, аудиториях, спортивных залах, кухнях, учреждениях, лабораториях и различного рода производственных помещениях без вредных выделений.

Воздухораспределители с очисткой воздуха используются в «чистых помещениях». Такие воздухораспределители устанавливаются в реанимационных помещениях, операционных залах больниц, палатах для недоношенных детей роддомов, применяются в фармацевтической, электронной, оптической, пищевой промышленности.

Скорость подачи воздуха через фронтальное сечение воздухораспределителя колеблется от 0,15 до 0,45 м/с.

Воздухораспределитель может быть установлен на индивидуальном каркасе или встроен в подвесной потолок.

3.6. Местная вентиляция

Местная вентиляция, так же как и общеобменная, может быть приточной и вытяжной.

Местную вытяжную вентиляцию устанавливают в том случае, когда загрязнения можно улавливать непосредственно у мест их возникновения (рис. 3.6, *а*). С этой целью применяют отсосы в виде разного рода укрытий (вытяжные шкафы и зонты, завесы у плит, бортовые отсосы у ванн, кожухи у абразивных, шлифовальных, полировальных и других кругов, отсосы у станков и т. п.). Если это возможно технологически, применяют отсосы, встроенные в оборудование.

К **местной приточной вентиляции** относятся воздушные души, воздушные завесы и воздушные оазисы. Воздушный душ представляет собой сосредоточенный поток воздуха из специального насадка, направленный на рабочее место или на ограниченный рабочий участок. Наиболее широкое распространение получили воздушные души в цехах с большими теплоизбытками, в которых они устанавливаются около источников тепловыделений (печи, горны). По конструктивному оформлению душирующие установки могут быть стационарными или передвижными. Приточные системы, обслуживающие стационарные души, не совмещают с другими системами вентиляции. В передвижных установках воздух забирается из цеха, обрабатывается в самой установке и подается на рабочее место.

Под **воздушным оазисом** понимается некоторый объем помещения (не замкнутый сверху), в котором поддерживается микроклимат, отличный от условий во всем остальном объеме помещения.

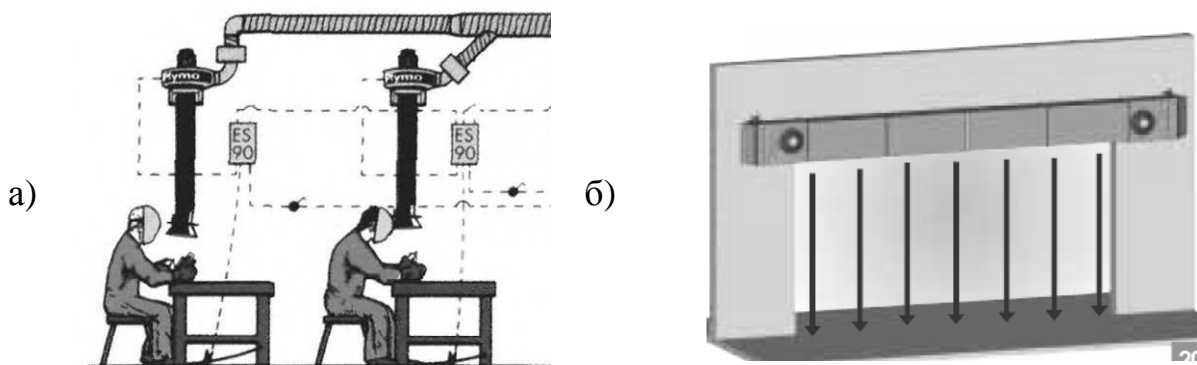


Рис. 3.6. Схемы местной вытяжной (*а*) и приточной (*б*) вентиляции

Воздушная или **воздушно-тепловая завеса** (см. рис. 3.6, *б*) устраивается для предотвращения попадания холодного наружного воздуха через открытые двери в общественных зданиях и через двери и ворота в промышленных зданиях. В воздушных завесах используется воздух без подог-

рева, в воздушно-тепловых воздух подогревается в калориферах. Воздух забирается из верхней зоны помещения и выходит из щели или отверстия канала, устраиваемого или внизу дверей или ворот, или сбоку. В последнем случае завесы бывают одно- или двухсторонние. Скорость выпуска воздуха из щели или отверстия у ворот и технологических проемов не должна превышать 25 м/с, у наружных дверей – 8 м/с.

3.7. Кондиционирование воздуха

Кондиционирование (в переводе с латинского – приготовление воздуха определенных кондиций) – процесс обработки, с помощью которого обеспечивают очистку воздуха, автоматическое регулирование его температуры и влажности путем нагревания, охлаждения и увлажнения.

Система кондиционирования воздуха (СКВ) – особый усовершенствованный вид организованной искусственной вентиляции. Отличительной чертой СКВ по сравнению с вентиляцией является автоматическое управление в обеспечении заданного тепловлажностного режима искусственного климата помещения, а также подготовка воздуха, как правило, в пределах оптимальных норм в специальных устройствах, называемых *кондиционерами*.

Кондиционер – автоматическая установка, включающая устройства для очистки, нагревания, охлаждения, увлажнения, осушки и транспортировки воздуха, а кроме того, дополнительные устройства для озонирования, парфюмеризации и ионизации воздуха.

Графические изображения схем СКВ и вентиляции идентичны и могут иметь абсолютно одинаковые части систем, обеспечивающие удаление воздуха из помещения.

В отличие от систем вентиляции СКВ в течение года, особенно в теплое время, в помещении могут поддерживать автоматически по программе необходимые или желаемые, постоянные или переменные параметры внутреннего воздуха независимо от метеорологических условий и от переменных поступлений в помещение различных вредностей.

Системы кондиционирования воздуха стоят значительно дороже систем вентиляции, а поэтому при организации воздухообмена в помещении стараются найти возможность в первую очередь применить систему вентиляции, и только в особых случаях применяют СКВ.

В производственных помещениях СКВ применяют, главным образом, на промышленных предприятиях, где без них невозможно получить

продукцию, отвечающую требованиям стандартного качества (в цехах текстильной промышленности, на предприятиях искусственного волокна, точного машиностроения, в оптике, фото-, кино- и полиграфической промышленности, на заводах радио- и электротехнических изделий, в подземных производственных помещениях и в ряде других производств).

Применение кондиционирования также необходимо в ряде помещений больниц, торговых центров, предприятий общественного питания, в зрительных залах кинотеатров, театров и спортивных комплексов, в репетиционных и тренировочных залах, а также в административных зданиях и в гостиницах большой этажности, больших объемов и высокого класса обслуживания.

Классификация СКВ:

- по назначению: комфортные (применяются в жилых, общественных и промышленных зданиях для обеспечения полного постоянного комфорта для находящихся в помещении людей), технологические (для обеспечения требуемых условий протекания производственных процессов) и комфортно-технологические (параметры, требуемые для технологического процесса, совпадают или несущественно отличаются от комфортных для человека);

- в зависимости от использования наружного и рециркуляционного воздуха – прямоточные (работают только на наружном воздухе), частично рециркуляционные (используют и наружный, и рециркуляционный воздух) и рециркуляционные (работают только на рециркуляционном воздухе);

- по расположению основных элементов – центральные (кондиционер устанавливается вне обслуживаемого помещения, и воздух подается по сети воздуховодов) и местные (кондиционер размещается в кондиционируемом помещении в виде подоконных, шкафных, подвесных агрегатов);

- по расположению систем холодо-, тепло- и водоснабжения – автономные (узел холодо- или теплоснабжения является составной частью кондиционера) и неавтономные (снабжаются теплотой и холодом из систем холодо- и водоснабжения);

- по сезонности обеспечения условий – круглогодичные и сезонные.

ТЕМА 4. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

4.1. Организация вентиляции жилых зданий

В жилых зданиях согласно нормативной литературе предусматривают неорганизованный приток воздуха через неплотности в наружных ограждениях и за счет воздухопроницаемости наружных конструкций и организованную вытяжную вентиляцию с естественным побуждением. Неорганизованный или организованный воздухообмен, проветривание в помещениях происходит под действием гравитационного и (или) ветрового давления.

Гравитационное давление систем естественной вентиляции для жилых, общественных и административно-бытовых зданий следует рассчитывать на разность плотностей наружного воздуха с температурой 5 °С и температурой внутреннего воздуха при расчетных параметрах для холодного периода года

$$\Delta p_e = gh(\rho_n - \rho_e), \quad (4.1)$$

где h – вертикальное расстояние от центра вытяжной решетки до устья вытяжной шахты, м; ρ_n – плотность наружного воздуха при температуре +5 °С; ρ_e – плотность внутреннего воздуха, кг/м³, определяемая для температуры t_e по формуле

$$\rho_e = \frac{353}{273 + t_e}. \quad (4.2)$$

В жилых зданиях и в некоторых помещениях общественных и административно-бытовых зданий предусматривается вентиляция с естественным побуждением. В таких системах неорганизованное поступление наружного воздуха осуществляется через неплотности в ограждениях, открываемые периодически форточки, окна, наружные и балконные двери здания или специальные устройства, располагаемые в стенах, окнах. Удаление воздуха из помещений, как правило, предусматривается через вытяжные шахты, каналы, воздухопроводы и воздухоприемные устройства.

Естественная вентиляция отличается простотой устройства, незначительными капитальными затратами и эксплуатационными расходами, но давление, создаваемое естественными силами, невелико и зависит преимущественно от состояния наружного воздуха. Поэтому интенсивность воздухообмена в помещениях зависит от внешних факторов. Это, собст-

венно, является существенным недостатком естественной вентиляции. В отдельные часы суток дня в теплый период года в связи с теплоустойчивостью здания возможно отсутствие воздухообмена (особенно в помещениях цокольного и подвального этажей).

По требованиям строительных норм вытяжные вентиляционные каналы обязательно устанавливаются в кухнях и санузлах. Кроме того, предусматривается установка вентканалов в жилых комнатах, если они посредством коридоров не сообщаются с санузлами или кухнями.

Воздухообмен в жилых комнатах в соответствии с СНБ 4.02.01-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» нормируется из расчета $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади пола. Для кухонь и санузлов воздухообмен имеет следующие значения:

- из кухонь с четырехконфорочной газовой плитой – не менее $90 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- из ванны или уборной – не менее $25 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- из совмещенного санузла – не менее $50 \text{ м}^3/\text{ч}$.

4.2. Конструктивные решения

Схемы системы вытяжной естественной вентиляции в жилых зданиях бывают:

- а) с отдельными каналами;
- б) с каналами, объединенными на чердаке;
- в) с каналами, объединенными на чердаке и на промежуточном этаже (для высоких зданий);
- г) с вертикальными каналами-спутниками в бетонных блоках;
- д) с наклонными каналами-спутниками в бетонных панелях.

Вертикальные каналы могут быть внутрискристенными или приставными (рис. 4.1). Внутрискристенные располагаются в специальных вентиляционных панелях или блоках и могут иметь круглое, прямоугольное или овальное сечение (*более экономичным является круглое: при одной и той же площади меньший периметр и, следовательно, меньшие потери на трение*). Вентиляционные блоки для зданий до пяти этажей изготавливают с индивидуальными каналами для каждого этажа, в более высоких зданиях с целью сокращения площади, занимаемой каналами, выполняют по схеме с перепуском через один или несколько этажей.

Минимальные размеры внутренних каналов: кирпичных – $140 \times 140 \text{ мм}$, кратны кирпичу ($\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ кирпича), а диаметр бетонных – 100 мм . Минимальная толщина кирпичных стен при однорядном расположении каналов

в ее толщине должна быть не менее 380 мм (1½ кирпича), а бетонных – не менее 200 мм; при двухрядном расположении каналов, как кирпичных, так и бетонных, должна быть не менее 380 мм. Толщина простенков между двумя каналами помещений одноименного назначения принимается не менее 140 мм, а разноименного назначения – 250 мм.

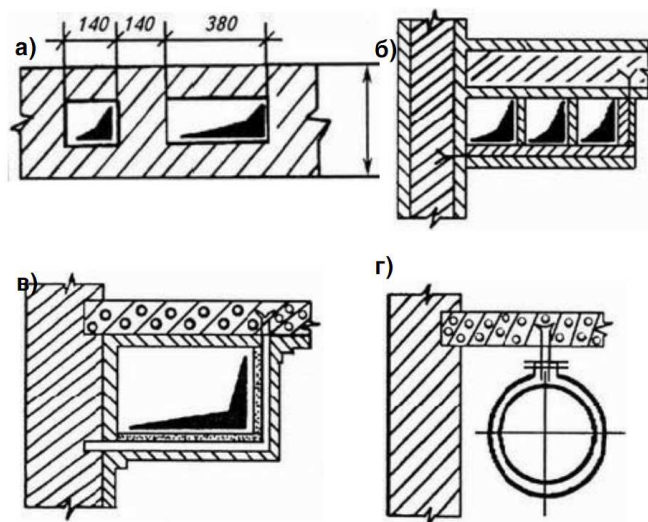


Рис. 4.1. Воздуховоды: канал в стене (а); приставной вертикальный (б); подвесной горизонтальный (в); подвесной круглого сечения (г)

Расстояние от дверных проемов и от стыков стен до проемов внутренних каналов должно быть не менее 380 мм.

Не допускается устройство каналов в толще наружных стен (во избежание образования конденсата водяных паров) и в местах сопряжения любых стен.

Не рекомендуется устройство внутренних каналов в стенах из силикатного и красного кирпича для транспортировки влажного воздуха (более 60 %). Конструкция каналов должна быть строго вертикальной, а при отступлении от вертикали, что является редким случаем, уклоны канала допускаются не менее 60°.

В зданиях, имеющих дымовые трубы печей, каминов, котлов, кухонных плит, работающих на твердом или мазутном топливе, индивидуальные вертикальные каналы или шахты систем следует примыкать к стенам дымовых каналов или располагать в теле дымовой трубы, что способствует увеличению естественного напора.

Приставные или подшивные каналы могут выполняться из плит толщиной 35...40 мм, в помещениях с нормальной влажностью воздуха –

из асбоцементных (только вытяжные), шлакогипсовых, гипсоволокнистых и известково-гипсовых, а в помещениях с повышенной влажностью – из асбоцементных и шлакобетонных. Минимальные размеры приставных каналов – 100×150 мм, а высота подшивных каналов – 150 мм. Прокладка приставных каналов должна осуществляться во внутренних углах помещения, а если необходима прокладка вдоль наружных стен, то требуется устройство зазоров – воздушных прослоек не менее 50 мм.

Отдельно стоящие каналы могут выполняться из асбоцементных или керамических коробов или труб.

Вентиляционные блоки для зданий с числом этажей до пяти изготавливают с индивидуальными каналами для каждого этажа (рис. 4.2, а), а для зданий с числом этажей более пяти с целью сокращения площади, занимаемой каналами, выполняют по схеме с перепуском через один или несколько этажей. Такие блоки имеют сборный канал большого сечения, к которому подключаются вертикальные каналы из этажей (см. рис. 4.2, б, в).

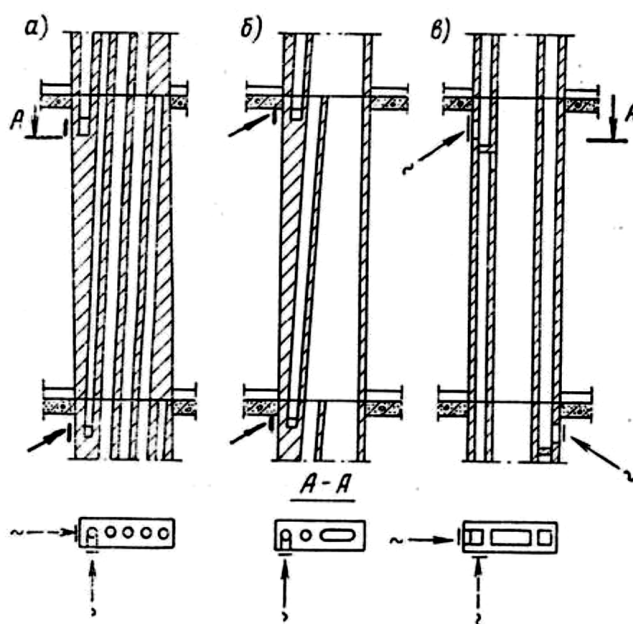


Рис. 4.2. Индустриальные вентиляционные блоки:
 а – с обособленными вертикальными каналами; б – с наклонным перепускным каналом; в – с двумя каналами-спутниками

При устройстве приставных, подшивных или отдельно стоящих каналов по архитектурным соображениям используются пустоты железобетонных настилов, ниш помещений, акустические ширмы залов или ложные колонны – пилястры, подшивные потолки и др., при этом вертикальные

приставные или отдельно стоящие каналы в помещениях каждого этажа свой вес должны передавать на конструкцию перекрытия, а не на каналы помещений нижних этажей.

Конструкции элементов перекрытия не должны закрывать расчетного сечения канала для прохода определенного количества воздуха, а устройство отверстий в плите перекрытия для передачи воздуха в вертикальные участки каналов следующих этажей не должно ослаблять перекрытия.

Индивидуальные вертикальные каналы одноименных помещений объединяют сборными каналами (объединение каналов разноименных помещений в одну систему не допускаются, кроме помещений жилого здания с теплым чердаком).

При прокладке сборного канала (рис. 4.3) в неотапливаемом помещении его конструкция предусматривается из двойных шлакоалебастровых или шлакобетонных плит (толщиной 40 мм) с воздушной прослойкой между ними (толщиной 40 мм), а также из одинарных шлакогипсовых или шлакобетонных плит (толщиной 100 мм). Сборные каналы сверху дополнительно могут еще теплоизолироваться, гидроизолироваться и снабжаться устройством для отведения конденсата из нижней зоны пола канала в случае его образования.

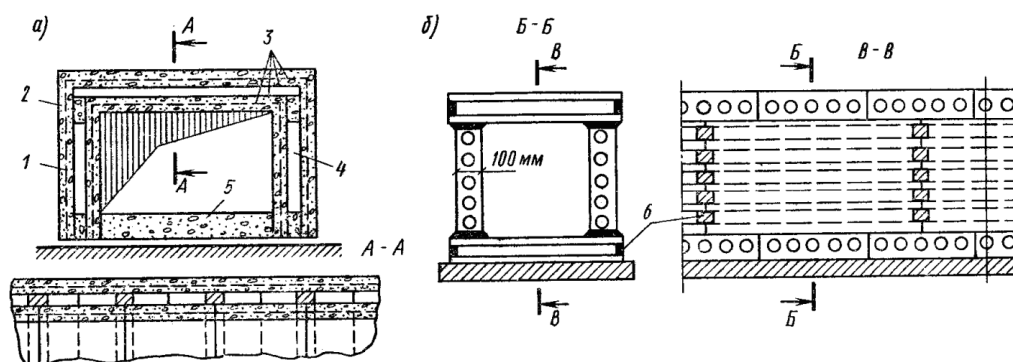


Рис. 4.3. Каналы, устраиваемые на чердаке или в неотапливаемых помещениях:
 1 – штукатурная дранка; 2 – арматура из пачечной стали;
 3 – гипсошлаковые плиты; 4 – воздушная прослойка; 5 – заливка гипсом;
 6 – место тщательной заделки гипсом на глубину 25 мм

В бесчердачных зданиях вертикальные каналы выводятся выше крыши в виде труб, шахт или объединяются горизонтальными сборными каналами, проложенными под потолком лестничных клеток, за подвесным потолком помещения или в подшивке коридора верхнего этажа.

В жилых зданиях при наличии теплых чердаков допускается выпуск воздуха из всех индивидуальных каналов помещений одной секции в помещение чердака этой секции, выполняющего роль сборного канала. Так как в противопожарных целях не разрешается пропускать каналы через брандмауэрные стены секции здания, теплый чердак многосекционного здания делится как бы на отдельные системы, каждая из которых оборудуется своей вытяжной шахтой (рис. 4.4).

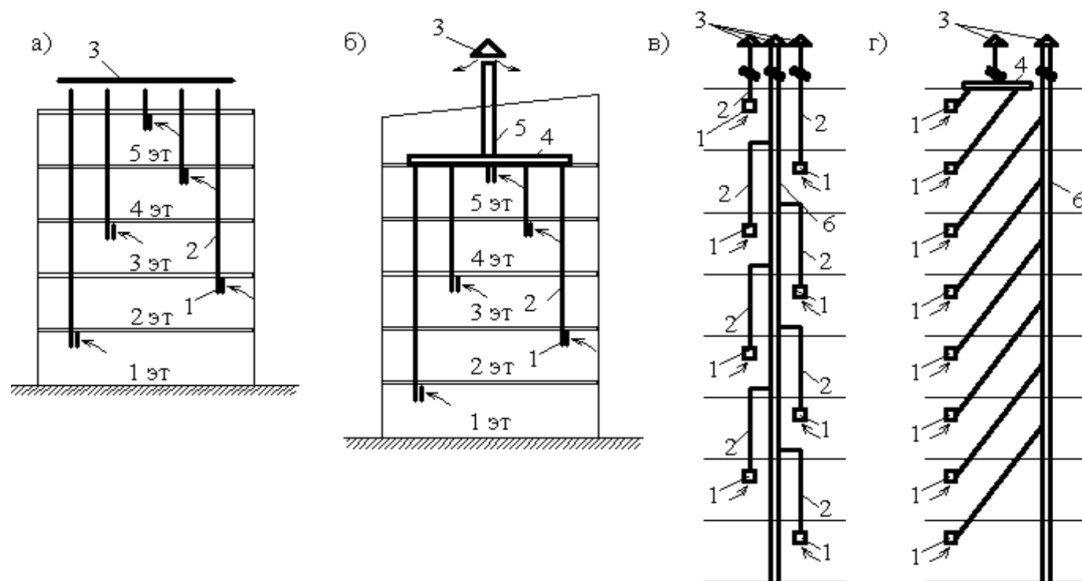


Рис. 4.4. Схемы вытяжных каналов жилых зданий: *а* – отдельные каналы; *б* – каналы, объединенные на чердаке здания; *в, г* – каналы-спутники; 1 – жалюзийная решетка; 2 – канал; 3 – зонт (или дефлектор); 4 – сборный короб; 5 – вытяжная вентиляционная шахта; 5 – сборный вертикальный канал

Оголовки индивидуальных каналов выпускают выше пола теплого чердака на 1,0 м. Вытяжная шахта в этом случае выводится выше верхней отметки крыши, причем верхняя отметка может быть выше отметки крыши лифтовой шахты. Расстояние от оси окна верхнего этажа до устья шахты не должно быть меньше 6,5 м. Под шахтой на чердаке устанавливается для сбора конденсата поддон на ножках, перекрывающий стороны шахты на 300 мм.

В зданиях малой и средней этажности (до 9 этажей) размещение индивидуальных вертикальных каналов для одноименных помещений, расположенных по одной вертикали, как правило, не вызывает серьезных затруднений, а в зданиях повышенной этажности для экономии полезной площади помещений каналы приходится объединять по вертикали и усложнять систему.

Форма сечения индивидуальных каналов может быть разной, удобной для прокладки и отвечающей решению интерьера помещения, но предпочтение должно отдаваться круглым каналам, так как с уменьшением периметра канала уменьшаются расход материала и сопротивление движению воздушного потока (последнее является более важным).

Высота шахты естественной вытяжной вентиляции над кровлей должна быть не менее 0,5 м от поверхности кровли. Вытяжные шахты систем вентиляции жилых зданий рекомендуется устраивать с обособленными и объединенными каналами. Шахты с обособленными каналами могут быть выполнены из бетонных блоков с утеплителем фибролитом (рис. 4.5, а) с утолщенными стенками из шлакобетона, керамзитобетона или другого малотеплопроводного и влагостойкого материала, а также каркасными с эффективным утеплителем. Шахты с объединенными каналами выполняют из легкого бетона (см. рис. 4.5, б), каркасные шахты – с заполнением малотеплопроводным огнестойким и влагостойким материалом; из бетонных плит – с утеплением из досок толщиной 40 мм, обитых с внутренней стороны кровельной сталью по войлоку, смоченному в глиняном растворе, и оштукатуренных по дрени с наружной стороны.

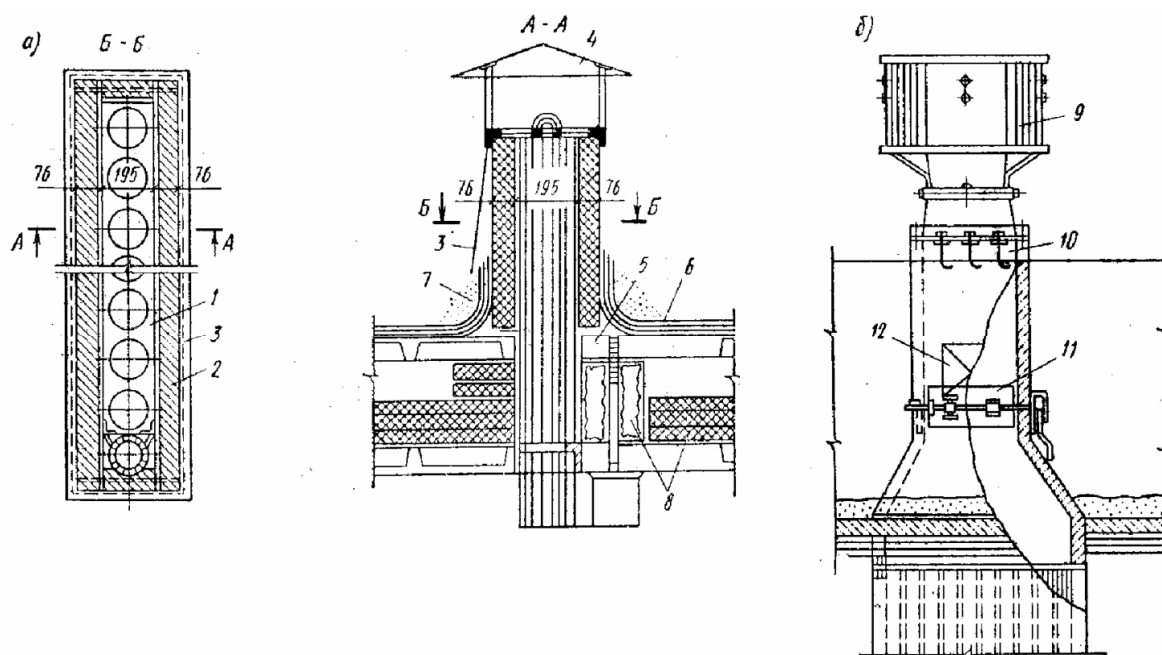


Рис. 4.5. Вытяжные шахты: 1 – железобетонный блок; 2 – щиты из цементно-фибролитовых плит (внешние поверхности утеплителя покрыты битумом); 3 – фартук из оцинкованной кровельной стали; 4 – зонт металлический; 5 – борт из асфальта или цементного раствора марки 100; 6 – рулонный гидроизоляционный ковер из четырех слоев рубероида; 7 – присыпка гравием на битуме; 8 – панель в комплекте; 9 – дефлектор; 10 – болты для крепления дефлектора, заделанные в стенки шахты; 11 – дроссель-клапан; 12 – люк

ТЕМА 5. ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЙ

5.1. Общие сведения об отоплении. Классификация систем отопления

Системой отопления называется совокупность конструктивных элементов со связями между ними, предназначенных для получения, переноса и передачи необходимого количества теплоты в обогреваемое помещение.

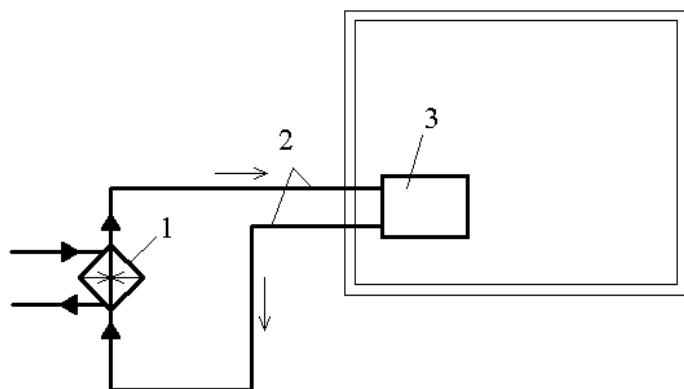


Рис. 5.1. Принципиальная схема системы отопления

Каждая система отопления включает в себя три основных конструктивных элемента (рис. 5.1):

- 1 – **теплоисточник** – элемент для получения теплоты;
- 2 – **теплопроводы** – элементы для переноса теплоты;
- 3 – **отопительные приборы** – элементы для передачи теплоты в помещение.

В качестве теплоисточника для системы отопления может служить отопительный котельный агрегат или теплообменный аппарат, передающий теплоту от первичного теплоносителя теплоносителю системы отопления. Перенос теплоты по теплопроводам осуществляется с помощью жидкой или газообразной рабочей среды. Жидкая (вода и другие жидкости) или газообразная (пар, воздух, газ) среда, перемещающаяся в системе отопления, называется **теплоносителем** [16].

К системам отопления предъявляются разнообразные требования. Все их условно можно разделить на пять групп:

- **санитарно-гигиенические** – обеспечение требуемых соответствующими строительными нормами и правилами температур во всех точках помещения и поддержание температур внутренних поверхностей наружных ограждений и отопительных приборов на определенном уровне;
- **экономические** – обеспечение минимума приведенных затрат по сооружению и эксплуатации, определяемого технико-экономическим сравнением вариантов различных систем, небольшого расхода металла, экономии тепловой энергии при эксплуатации;
- **архитектурно-строительные** – обеспечение соответствия архитектурно-планировочным и конструктивным решениям здания, увязка

размещения отопительных элементов со строительными конструкциями, хорошая сочетаемость с внутренней архитектурной отделкой помещения, минимальная площадь, занимаемая системой отопления;

– *производственно-монтажные* – обеспечение монтажа индустриальными методами с максимальным использованием унифицированных узлов заводского изготовления при минимальном количестве типоразмеров, сокращение трудовых затрат при монтаже;

– *эксплуатационные* – простота и удобство обслуживания, управления и ремонта, надежность, безопасность и бесшумность действия.

Наиболее важны санитарно-гигиенические и эксплуатационные требования, которые обуславливаются необходимостью поддерживать заданную температуру в помещениях в течение отопительного сезона и всего срока службы системы.

По взаимному расположению основных элементов системы отопления бывают *центральные* (системы отопления, предназначенные для отопления нескольких помещений из одного теплового пункта, где находится теплогенератор; в таких системах теплота вырабатывается за пределами отапливаемых помещений, а затем с помощью теплоносителя по теплопроводам подается в помещения, через отопительные приборы теплота отдается, а теплоноситель возвращается в тепловой пункт) и *местные* (системы, в которых все три основных элемента конструктивно объединены в одном устройстве, установленном в обогреваемом помещении – печь, газовые и электрические приборы, воздушно-отопительные агрегаты).

По виду теплоносителя в системе отопления (вторичного теплоносителя) системы бывают водяные, паровые, воздушные и газовые.

Теплоносителем для системы отопления в принципе может быть любая среда, обладающая хорошей способностью аккумулировать тепловую энергию и изменять теплотехнические свойства, подвижная, дешевая, не ухудшающая санитарные условия в помещениях, позволяющая регулировать отпуск теплоты, в том числе и автоматически.

Наиболее распространенные виды теплоносителя – вода, водяной пар, воздух, нагретые газы.

Вода представляет собой практически несжимаемую жидкую среду со значительной плотностью и теплоемкостью. Вода изменяет плотность, объем и вязкость в зависимости от температуры, а температуру кипения – в зависимости от давления. Вода способна сорбировать и выделять газы при изменении температуры и давления. При использовании воды в качестве теплоносителя обеспечивается довольно равномерная температура

помещений, можно ограничить температуру поверхности отопительных приборов, сокращается по сравнению с другими теплоносителями площадь поперечного сечения труб, достигается бесшумность движения в трубах. Недостатками применения воды являются значительный расход металла и большое гидростатическое давление в системах; тепловая инерция воды замедляет регулирование теплопередачи приборов [16].

Пар является легкоподвижной средой со сравнительно малой плотностью. Температура и плотность пара зависят от давления. Пар значительно изменяет объем и энтальпию при фазовом превращении. При использовании пара сравнительно сокращается расход металла за счет уменьшения площади приборов и поперечного сечения конденсаторов, достигается быстрое прогревание приборов. Гидростатическое давление пара в вертикальных трубах по сравнению с водой минимально. Однако пар как теплоноситель не отвечает санитарно-гигиеническим требованиям, его температура высока и постоянна при данном давлении, что не обеспечивает регулирования теплопередачи приборов, движение его в трубах сопровождается шумом.

Воздух является легкоподвижной средой, изменяющей плотность и объем в зависимости от температуры, со сравнительно малыми вязкостью, плотностью и теплоемкостью. При использовании воздуха можно обеспечить быстрое изменение или равномерность температуры помещений, избежать установки отопительных приборов, совмещать отопление с вентиляцией помещений, достигать бесшумности его движения в каналах. Недостатками являются его малая теплоаккумулирующая способность, значительные площади поперечного сечения и расход металла на воздуховоды, относительно большое падение температуры по длине воздуховодов.

Нагретые газы образуются при сжигании твердого, жидкого или газообразного топлива, имеют сравнительно высокую температуру и применимы для отопления в тех случаях, когда в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями удастся ограничить температуру теплоотдающей поверхности приборов.

Широкое распространение в зданиях любого назначения получили системы водяного отопления. Паровые системы чаще применяются в промышленных и ряде общественных зданий (при наличии пара на технические нужды) при кратковременном пребывании в них людей. Паровое отопление рекомендуется для дежурного отопления. Воздушное отопление, совмещенное с вентиляцией, применяется в производственных зданиях с выделениями вредностей и влаги, а также для дежурного отопления.

Основным технико-экономическим показателем систем отопления является *масса металла*, расходуемого на изготовление основных элементов при том или ином теплоносителе, существенно влияющая на капитальные и эксплуатационные затраты в системе отопления. В этом отношении наиболее экономичными являются паровые системы отопления. Однако из соображений санитарно-гигиенических требований эти системы являются менее приемлемыми из-за высокой температуры теплоотдающих поверхностей.

5.2. Системы водяного отопления

Как было сказано выше, водяное отопление благодаря ряду преимуществ перед другими системами получило в настоящее время наиболее широкое распространение.

Для ознакомления с устройством и принципом действия системы отопления рассмотрим схему, представленную на рис. 5.2.

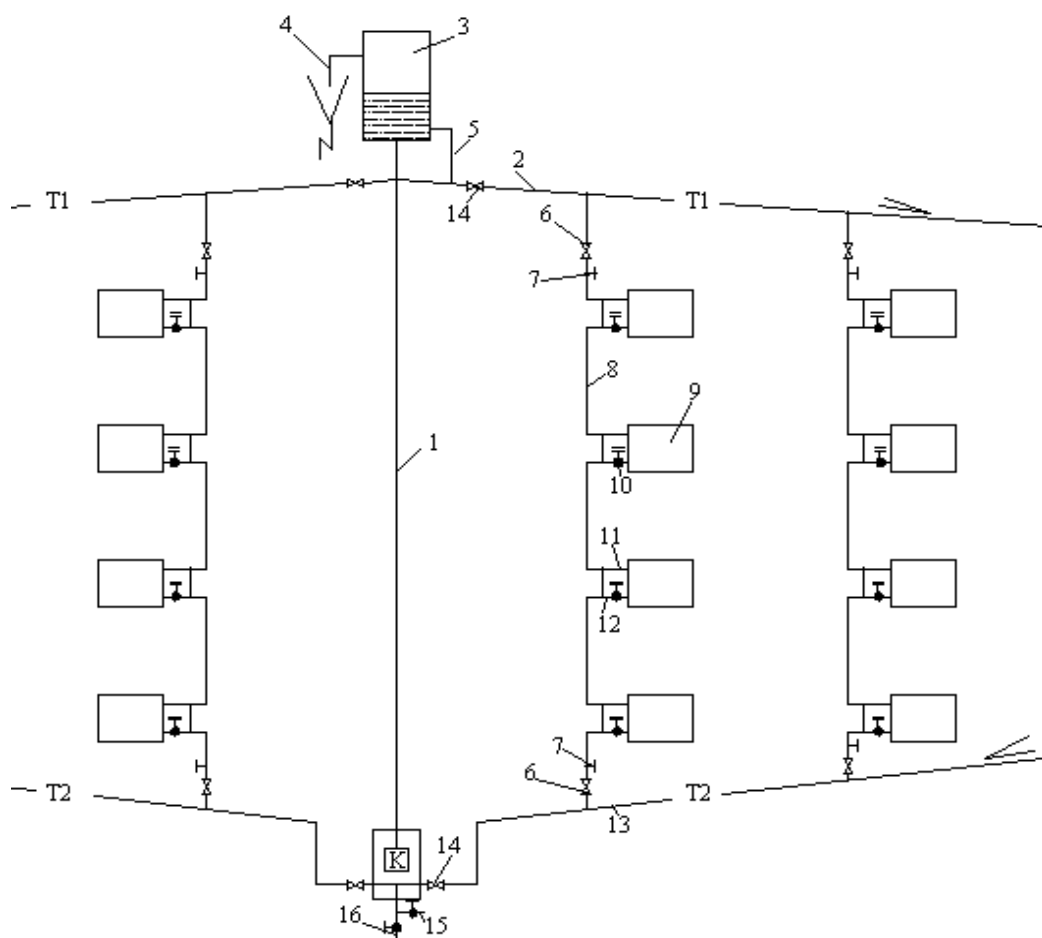


Рис. 5.2. Принципиальная схема водяной системы отопления с естественной циркуляцией

Вода, нагретая в теплогенераторе К до температуры t_2 , поступает через теплопровод – главный стояк 1 в подающие магистральные теплопроводы (соединительные трубы между главным и подающими стояками) 2. По подающим магистральным теплопроводам горячая вода поступает в подающие стояки 8 (соединительные трубы между магистралями и подводками к отопительным приборам). Затем по подающей подводке 11 вода поступает в отопительный прибор 9 и по обратной подводке 12 снова попадает в стояк. Так теплоноситель последовательно проходит через все отопительные приборы, присоединенные к стояку. Из отопительных приборов охлажденная вода с температурой t_0 по обратной магистрали 13 возвращается в теплогенератор К, где она снова подогревается до температуры t_2 , и так циркуляция идет по замкнутому кольцу.

Система водяного отопления гидравлически замкнута и имеет определенную вместимость, т. е. постоянный объем заполняющей ее воды. При повышении температуры воды она расширяется, и в замкнутой заполненной водой системе отопления внутреннее гидравлическое давление может превысить прочность его элементов. Чтобы этого не произошло, в системе предусматривают устройство расширительного бака 3, предназначенного для вмещения прироста объема воды при ее нагревании, а также для удаления через него воздуха в атмосферу. Расширительный бак снабжен расширительной трубой, контрольной трубой, переливной трубой 4 и циркуляционной 5. Расширительный бак устанавливается в наивысшей точке системы отопления, обычно на чердаке здания. Он изолируется для предотвращения замерзания воды. При отсутствии чердака его устанавливают в специальном боксе на чердачном перекрытии, в лестничной клетке или на верхнем техническом этаже. При естественной циркуляции и верхней разводке расширительный бак присоединяют в высшей точке подающей магистрали.

Для регулирования теплоотдачи отопительными приборами на подводке к ним устанавливается регулировочный кран 10.

Перед пуском в действие каждая система заполняется водой из водопровода 15 через обратную линию до контрольной трубы в расширительном баке. После этого прекращают заполнение системы водой. Для опорожнения всей системы используют спускную трубу 16.

Для отключения стояка и его опорожнения в ходе эксплуатации системы закрывают вентили или краны 6 на стояке. Из тройника 7, установленного в нижней части стояка, вывертывают пробку и к штуцеру тройника присоединяют гибкий шланг, по которому вода из трубопровода и при-

боров стекает в канализацию. Чтобы вода быстрее стекала, из верхнего тройника 7 тоже выкручивают пробку.

Для отключения отдельных частей системы отопления в процессе эксплуатации на магистралях устанавливается запорная арматура 14.

Как видно из рассмотренного выше, системы водяного отопления включают в себя следующие основные элементы: теплогенератор, главный стояк, магистральные теплопроводы (подающий и обратный), стояки (ветви), подводки, отопительные приборы, расширительный бак, запорно-регулирующая арматура.

Классификация систем водяного отопления производится по следующим основным признакам.

По способу циркуляции теплоносителя системы водяного отопления подразделяются на **гравитационные** (с естественной циркуляцией воды за счет разности плотностей холодного и горячего теплоносителя) и **с искусственной циркуляцией** (вода в системе циркулирует под действием давления, создаваемого насосом).

По расположению подающей и обратной магистралей системы водяного отопления бывают **с верхней разводкой** (в этом случае подающая магистраль прокладывается по чердаку или под потолком верхнего этажа и располагается выше отопительных приборов, а обратная магистраль прокладывается в подвале, по полу первого этажа или в подпольных каналах, т. е. ниже всех отопительных приборов), **с нижней разводкой** (подающая и обратная магистрали прокладываются в подвале, по полу первого этажа или в подпольных каналах ниже отопительных приборов) и **с опрокинутой циркуляцией** (в этом случае обратная магистраль располагается выше отопительных приборов, а подающая магистраль – ниже всех отопительных приборов).

По направлению движения воды в магистралях системы водяного отопления подразделяют на **тупиковые**, когда горячая и обратная вода в магистралях движется в противоположных направлениях, и **с попутным движением**, когда направления движения воды в магистралях совпадают.

По расположению труб, соединяющих отопительные приборы, системы бывают **горизонтальные**, в которых трубы, соединяющие приборы, расположены горизонтально и называются ветвями, и **вертикальные**, в которых трубы, соединяющие приборы, располагаются вертикально и называются стояками.

По схеме присоединения отопительного прибора к трубопроводу системы водяного отопления делятся на **однотрубные**, в которых горячая

вода подается в приборы и охлажденная вода отводится из них по одному стояку и теплоноситель последовательно проходит через все приборы, присоединенные к этому стояку, и **двухтрубные**, в которых горячая вода поступает в прибор по одним (подающим) стоякам, а охлажденная вода отводится по другим (обратным) и теплоноситель, пройдя через какой-то прибор, через другой на этом же стояке уже не проходит.

При выборе схемы системы отопления необходимо учитывать особенности теплового режима здания. Это, прежде всего, действие инфильтрации наружного воздуха и солнечной радиации. Зимой инфильтрация переохлаждает нижние этажи, поэтому в многоэтажных зданиях целесообразно применение систем с подачей теплоносителя «снизу вверх» (с опрокинутой циркуляцией) и с позонным делением по высоте здания. Охлаждающее действие инфильтрации связано с ориентацией ограждений помещений. В связи с этим желательно предусматривать пофасадное разделение системы отопления.

Необходимо также учитывать и конструктивные особенности систем. Так, системы двухтрубные эффективно работают в невысоких зданиях (2 – 3 этажа), а в более высоких строениях подвергаются разрегулировке. Поэтому в многоэтажных зданиях рекомендуется использовать однотрубные системы. Системы с верхней разводкой применяются в зданиях с чердаками, системы с нижней разводкой – в зданиях без чердаков.

5.3. Размещение элементов системы отопления в здании

Трубы систем центрального отопления предназначены для подачи в приборы и отвода из них необходимого количества теплоносителя, поэтому их называют **теплопроводами**. Теплопроводы вертикальных систем отопления подразделяют на магистрали, стояки и подводки. Теплопроводы горизонтальных систем, кроме магистралей, стояков и подводок, имеют еще и горизонтальные ветви.

Для пропуска теплоносителя используют трубы металлические (стальные, медные, свинцовые и др.), неметаллические (полимерные, стеклянные и др.) и металлополимерные.

Соединение теплопроводов между собой, с отопительными приборами и арматурой может быть неразборным (сварным, спайным) и разборным (резьбовым).

Прокладка труб в помещениях может быть открытой и скрытой. В основном применяют открытую прокладку как более простую и деше-

вую. Скрытая прокладка предусматривается только в помещениях с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями.

Размещение *подводки* – соединительной трубы между стояком или ветвью и прибором – зависит от вида отопительного прибора и положения труб в системе отопления. Подающую и обратную подводки прокладывают горизонтально (при длине до 500 мм) или с уклоном (5...10 мм на всю длину подводки). Подводки в зависимости от положения продольной оси прибора по отношению к оси труб могут быть прямыми и с отступом, называемым «уткой».

Размещение *стояков* – соединительных труб между магистралями и подводками – зависит от положения магистралей и размещения подводок к отопительным приборам. Стояки прокладываются, как правило, у наружных стен открыто. Расстояние от поверхности штукатурки до трубы должно быть 3,5 см. Двухтрубные стояки размещают на расстоянии 80 мм между осями труб, причем подающие стояки располагают справа (при взгляде из помещения). В местах пересечения междуэтажных перекрытий трубы заключают в гильзы для обеспечения свободного их движения при тепловом удлинении.

Размещение *магистралей* – соединительной трубы между местным тепловым пунктом и стояками – определяется назначением и шириной здания, видом системы отопления. В производственных зданиях магистрали прокладывают по стенам, колоннам под потолком, в средней зоне или у пола, в ряде случаев магистрали прокладывают на технических этажах и в подпольных каналах.

В гражданских зданиях шириной до 9 м магистрали можно прокладывать вдоль их продольной оси (если не предусматривается пофасадное регулирование работы системы). Так же размещаются магистрали при стояках, находящихся у внутренних стен здания. В гражданских зданиях шириной более 9 м рационально использовать две разводящие магистрали – вдоль каждой фасадной стены (рис. 5.3). При этом не только сокращается протяженность труб, но и становится возможным эксплуатационное регулирование теплоотдачи отдельно для каждой стороны здания – пофасадное регулирование.

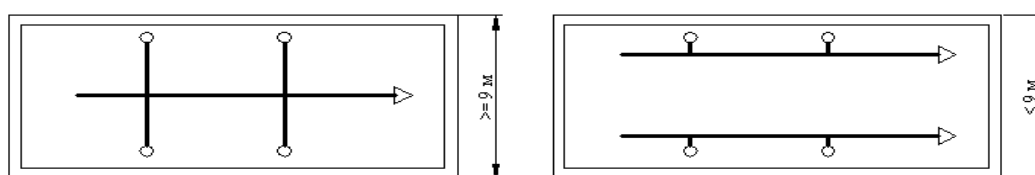


Рис. 5.3. Схемы размещения магистралей в здании

Магистральи систем отопления гражданских зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий размещают, как правило, в чердачных и технических помещениях на расстоянии 1...1,5 м от наружных стен для удобства монтажа и ремонта, а также для обеспечения при изгибе стояков естественной компенсации их удлинения. В подвальных помещениях, в технических этажах и подпольях, а также в рабочих помещениях магистральи для экономии места крепят на стенах.

Магистральи монтируют, как правило, с **уклоном**, который в системах водяного отопления необходим для отвода в процессе эксплуатации скопленений воздуха (в верхней части систем), а также для самотечного спуска воды из труб (в нижней их части).

Магистральи верхней разводки систем с искусственной циркуляцией рекомендуется монтировать с уклоном против направления движения воды для того, чтобы использовать подъемную силу совместно с силой течения воды для удаления воздуха. В гравитационных системах допускается прокладка магистралей с уклоном по движению воды. Нижние магистральи всегда прокладывают с уклоном в сторону теплового пункта здания, где при опорожнении системы вода спускается в канализацию.

Для пуска системы в эксплуатацию, а также для отключения отдельных частей системы для ремонта на магистральных теплопроводах устанавливается **запорно-регулирующая арматура** – вентили, задвижки или краны пробковые. На отопительных стояках для гидравлического регулирования, отключения и опорожнения их ставятся запорные прямооточные вентили и краны пробковые. На подводках к приборам устанавливаются краны двойной регулировки или трехходовые краны. Во вспомогательных помещениях, на лестничных клетках и других помещениях, опасных в отношении замерзания воды, краны не ставятся.

Удаление воздуха из отопительных приборов и из всех участков теплопроводов является необходимым условием нормальной работы системы отопления. В системах отопления с естественной циркуляцией воды и верхним расположением подающих магистралей для удаления воздуха используется расширительный сосуд без каких-либо дополнительных устройств. В системах водяного отопления с нижним расположением магистралей при естественной циркуляции для удаления воздуха устраивают специальную воздухоотводящую сеть, присоединяя ее к расширительному баку или к воздухоборнику. Из таких систем воздух можно удалять также с помощью воздуховыпускных кранов или специальных шурупов, ввертываемых в верхние пробки приборов верхнего этажа.

В системе водяного отопления с искусственной циркуляцией скорость движения воды обычно больше скорости всплывания воздушных пузырьков, равной 0,2 м/с, и пузырьки воздуха не могут двигаться в направлении, противоположном потоку воды. Поэтому в таких системах разводящие магистральные теплопроводы прокладывают с подъемом к крайним стоякам и в высших точках системы устанавливают **воздухосборники**. Наибольшее распространение получили горизонтальные проточные воздухосборники, так как в них воздух отделяется гораздо лучше, чем в других конструкциях, и они хорошо защищены от замерзания. Воздухосборники на концевых участках горячих магистралей снабжаются автоматическими воздухоотводчиками. Они служат для непрерывного удаления воздуха из системы.

5.4. Отопительные приборы

Отопительный прибор – один из основных элементов системы отопления – предназначен для передачи теплоты от теплоносителя в обогреваемое помещение.

Выше говорилось о том, что расход теплоты на отопление каждого помещения определяется по тепловому балансу для поддержания в нем необходимой температуры при расчетных зимних условиях. То есть расход теплоты на отопление помещения должен компенсироваться теплоотдачей отопительного прибора Q_{np} и нагретых труб Q_{mp} , расположенных в помещении:

$$Q_n = Q_{np} + Q_{mp} \quad (5.1)$$

Эта суммарная теплоотдача в помещение, необходимая для поддержания заданной температуры, в системе отопления называется **тепловой нагрузкой отопительного прибора**.

К отопительным приборам как к оборудованию, устанавливаемому непосредственно в обогреваемых помещениях, предъявляются **требования**, дополняющие и уточняющие требования к системе отопления:

– **санитарно-гигиенические** – относительно пониженная температура поверхности; ограничение площади горизонтальной поверхности приборов для уменьшения отложения пыли; доступность и удобство очистки от пыли поверхности приборов и пространства вокруг них;

– **экономические** – относительно пониженная стоимость прибора; экономный расход металла на прибор, обеспечивающий повышение тепло-

вого напряжения металла. Показатель теплового напряжения металла M прибора определяется по отношению теплового потока к массе металла прибора. Очевидно, что чем больше показатель M , тем более экономным будет прибор по расходу металла. При оценке расхода металла на прибор учитывают также сравнительные технико-экономические показатели используемого вида металла (чугуна, стали, алюминия и т. д.);

– **архитектурно-строительные** – соответствие внешнего вида приборов интерьеру помещений, сокращение площади помещений, занимаемой приборами. Приборы должны быть достаточно компактными, т. е. их строительные глубина и длина, приходящиеся на единицу теплового потока, должны быть наименьшими;

– **производственно-монтажные** – механизация изготовления и монтажа приборов для повышения производительности труда; достаточная механическая прочность приборов;

– **эксплуатационные** – управляемость теплоотдачи приборов, зависящая от их тепловой инерции; температуроустойчивость и водонепроницаемость стенок при предельно допустимом в рабочих условиях (рабочем) гидростатическом давлении внутри приборов.

К отопительным приборам предъявляется также важное для них теплотехническое требование передачи от теплоносителя в помещения через единицу площади наибольшего теплового потока при прочих равных условиях (расход и температура теплоносителя, температура воздуха, место установки и т. д.).

Всем перечисленным требованиям одновременно удовлетворить невозможно, и этим объясняется рыночное разнообразие типов отопительных приборов. При этом каждый их тип в наибольшей степени отвечает какой-либо группе требований, уступая другому в прочих требованиях.

Все отопительные приборы **по преобладающему способу теплоотдачи** делятся на три группы:

1) **радиационные** приборы, передающие излучением не менее 50 % общего теплового потока (потолочные отопительные панели и излучатели);

2) **конвективно-радиационные** приборы, передающие конвекцией от 50 до 75 % общего теплового потока (радиаторы секционные и панельные, гладкотрубные приборы, напольные отопительные панели);

3) **конвективные** приборы, передающие конвекцией не менее 75 % общего теплового потока (конвекторы и ребристые трубы).

В эти три группы входят отопительные приборы **пяти основных видов** – *радиаторы секционные* и *панельные*, *гладкотрубные приборы* (эти три вида приборов имеют гладкую внешнюю поверхность), *конвекторы*, *ребристые трубы* (имеют ребристую поверхность).

По используемому материалу различают *металлические*, *комбинированные* и *неметаллические* отопительные приборы. Металлические приборы выполняют в основном из серого чугуна и стали (листовой стали и стальных труб). Применяют также медные трубы, листовой и литой алюминий и другие металлы.

В комбинированных приборах используют теплопроводный материал (бетон, керамику), в который заделывают стальные или чугунные греющие элементы (панельные радиаторы); оребренные металлические трубы помещают в неметаллический (например, асбестоцементный) кожух (конвекторы).

К неметаллическим приборам относят бетонные панельные радиаторы, потолочные и напольные панели с заделанными пластмассовыми греющими трубами или с пустотами вообще без труб, а также керамические, пластмассовые и т. п. радиаторы.

По высоте вертикальные отопительные приборы подразделяют на *высокие* (высотой более 650 мм), *средние* (более 400 до 650 мм) и *низкие* (более 200 до 400 мм). Приборы высотой 200 мм и менее называют *плинтусными*.

По глубине установки (с учетом расстояния от прибора до стены) имеются приборы *малой глубины* (до 120 мм), *средней глубины* (более 120 до 200 мм) и *большой глубины* (более 200 мм).

По величине тепловой инерции можно выделить приборы *малой* и *большой инерции*. К приборам малой тепловой инерции относят приборы, имеющие небольшую массу материала и вмещаемой воды. Такие приборы с греющими трубами малого диаметра (например, конвекторы) быстро изменяют теплоотдачу при регулировании количества подаваемого теплоносителя. Приборами, обладающими большой тепловой инерцией, считают массивные приборы, вмещающие значительное количество воды (например, бетонные или чугунные радиаторы). Такие приборы теплоотдачу изменяют сравнительно медленно.

Радиатором принято называть конвективно-радиационный отопительный прибор, состоящий либо из отдельных колончатых элементов – секций с каналами круглой или эллипсообразной формы, либо из плоских блоков с каналами колончатой или змеевиковой формы (рис. 5.4).

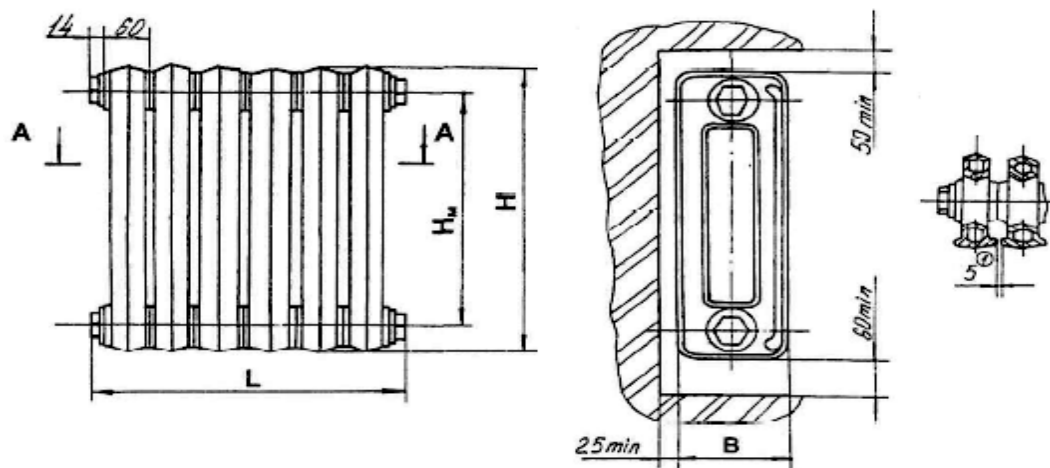


Рис. 5.4. Общий вид чугунного радиатора 2К60П

Секции радиаторов отливаются из серого чугуна (толщина стенки около 4 мм) и могут компоноваться в приборы различной площади путем соединения на резьбовых ниппелях с прокладками из термостойкой резины или паронита. Несколько секций в сборе называют чугунным секционным радиатором. Наиболее распространены двухколончатые радиаторы средней высоты (монтажная высота $h_m = 500$ мм), хотя имеются радиаторы одно- и многоколончатые, высокие ($h_m = 1000$ мм) и низкие ($h_m = 300$ мм).

Чугунные секционные радиаторы отличаются значительной тепловой мощностью на единицу длины прибора (компактностью) и стойкостью против коррозии (долговечностью). Однако серьезные недостатки требуют замены этих приборов другими. Чугунные радиаторы металлоемки, производство их трудоемко, монтаж затруднителен, очистка от пыли неудобна, внешний вид непривлекателен.

Плоские блоки радиаторов свариваются из двух штампованных стальных листов (толщина листа 1,4...1,5 мм), образуя приборы малой глубины (18...21 мм) и различной длины, называемые **стальными панельными радиаторами** (рис. 5.5). Панельные радиаторы с плоскими вертикальными каналами колончатой формы сокращенно именуется РСВ (радиаторы стальные вертикальные), с горизонтальными последовательно соединенными каналами (змеевиковой формы) – РСГ-1 и РСГ-2. Радиаторы РСГ-2 бывают двухходовыми и четырехходовыми.

Стальные панельные радиаторы отличаются от чугунных меньшей массой, увеличенной излучательной способностью (35...40 % вместо 30 % общего теплового потока). Они соответствуют интерьеру помещений в полносборных зданиях, легко очищаются от пыли, их монтаж облегчен,

производство механизировано. На одних и тех же производственных площадях возможен значительно больший выпуск стальных радиаторов вместо чугунных.

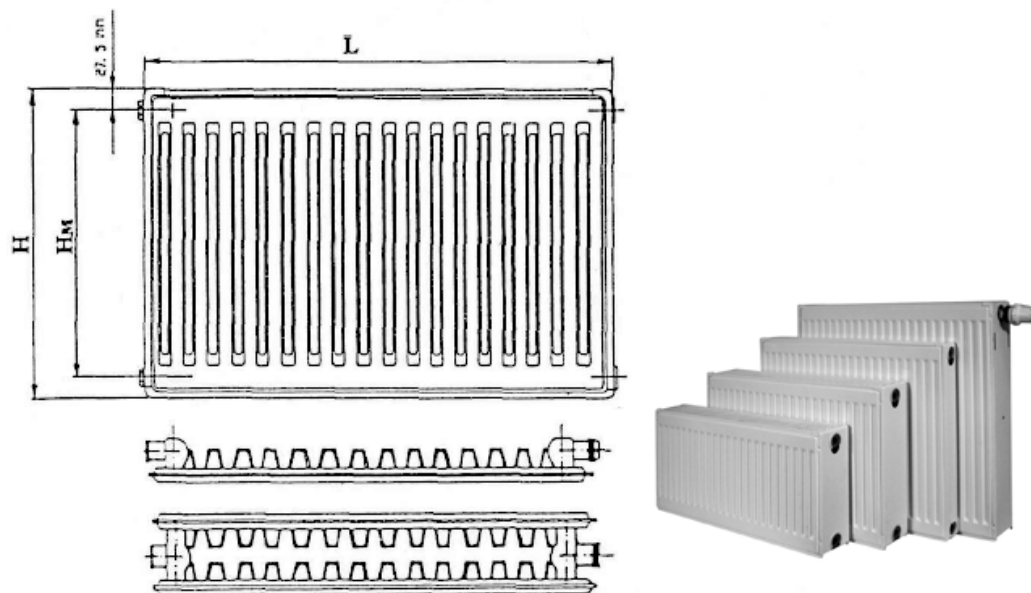


Рис. 5.5. Общий вид стального панельного радиатора

Распространение стальных радиаторов ограничивается необходимостью применения коррозионностойкой холоднокатаной листовой стали. При изготовлении из обычной листовой стали срок службы радиаторов сильно сокращается из-за интенсивной внутренней коррозии. Область их применения ограничена системами отопления со специально обработанной (деаэрированной) водой. Их не разрешается также применять в помещениях с агрессивной воздушной средой.

Стальные панельные радиаторы имеют относительно небольшую площадь нагревательной поверхности, из-за чего часто приходится прибегать к установке их в два ряда (на расстоянии 40 мм от одной панели до другой). При этом снижается теплоотдача (примерно на 15 %) и затрудняется очистка межпанельного пространства от пыли.

В настоящее время широкое применение приобретают алюминиевые и биметаллические **литые радиаторы** (рис. 5.6). **Алюминиевые радиаторы** являются, как правило, высококачественными приборами, имеющими хороший эстетический вид и удовлетворительное лакокрасочное покрытие. Они могут быть рассчитаны на высокое рабочее давление. К недостаткам этого вида отопительных приборов относят то, что высокий по-

казатель pH теплоносителя (более 10) и наличие в нем специальных добавок на основе кальция приводят к систематическому разрушению оксидной пленки, естественным образом защищающей алюминий от разрушения.

Биметаллические радиаторы представляют собой стальные водопроводящие каналы, находящиеся внутри алюминиевого оребрения (см. рис. 5.6). Таким образом, все преимущества алюминиевых радиаторов со-

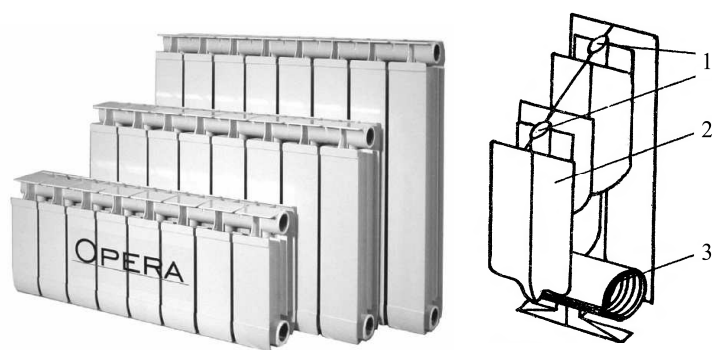


Рис. 5.6. Общий вид литых биметаллических радиаторов: 1 – трубы для прохода теплоносителя; 2 – элемент из алюминиевого сплава

четаются в этих приборах с высокой коррозионной стойкостью. Обычно биметаллические радиаторы рассчитаны на высокое давление, а если водопроводящие трубки имеют достаточно большую толщину стен (2,5 мм и более) и контакт алюминия с водой отсутствует, то срок службы такого радиатора составляет не менее 50 лет.

Стальные трубчатые радиаторы – одни из самых дорогих. Они имеют оригинальный «округлый» дизайн, выделяющий этот вид отопительных приборов из общего ряда. К числу недостатков (кроме цены) относится сравнительно небольшая толщина стали, из которой радиаторы изготовлены [17].

Плоские блоки радиаторов делают также из тяжелого бетона (**бетонные отопительные панели**), применяя нагревательные элементы змеевиковой или регистровой формы из металлических и неметаллических труб. Бетонные панели располагают в наружных ограждающих конструкциях помещений (совмещенные панели) или приставляют к ним (приставные панели).

Бетонные панели, особенно совмещенного типа, отвечают строгим санитарно-гигиеническим, архитектурно-строительным требованиям, отличаются высоким тепловым напряжением металла. К недостаткам совмещенных панелей относятся трудность ремонта, большая тепловая инерция, усложняющая регулирование теплоотдачи, увеличение теплопотерь через дополнительно прогреваемые наружные конструкции зданий. Поэтому в настоящее время они применяются ограниченно. Панели приставного типа уменьшают рабочий объем помещений.

Гладкотрубным называют конвективно-радиационный отопительный прибор, состоящий из нескольких соединенных вместе стальных труб, образующих каналы для теплоносителя змеевиковой или регистравой формы. В регистре при параллельном соединении горизонтальных труб поток теплоносителя делится с уменьшением скорости его движения. В змеевике трубы соединены последовательно и скорость движения теплоносителя не изменяется по всей длине прибора.

Отопительные приборы сваривают из труб $D_y = 32 \dots 100$ мм, располагаемых одна от другой на расстоянии, на 50 мм превышающем их наружный диаметр, для увеличения теплоотдачи излучением.

Гладкотрубные приборы характеризуются высокими значениями коэффициента теплопередачи, их пылесобирающая поверхность невелика и легко очищается от пыли.

Вместе с тем эти толстостенные стальные приборы тяжелы и громоздки, занимают много места, их внешний вид не соответствует современным требованиям, предъявляемым к интерьеру помещений. Их применяют в редких случаях, когда не могут быть использованы отопительные приборы других видов (например, для обогрева световых фонарей, при значительном выделении пыли в помещении).

Конвектор состоит из двух элементов – трубчато-ребристого нагревателя и кожуха. Кожух декорирует нагреватель и способствует повышению теплопередачи благодаря увеличению подвижности воздуха у поверхности нагревателя. Конвектор с кожухом передает в помещение конвекцией 90...95 % общего теплового потока. Прибор, в котором функции кожуха выполняет ребрение нагревателя, называют конвектором без кожуха. Нагреватель выполняют из стали, чугуна, алюминия и других металлов, кожух – из листовых материалов (стали, асбестоцемента и др.).

Конвекторы обладают сравнительно низкими теплотехническими показателями, особенно при использовании в двухтрубных системах отопления. Однако они характеризуются простотой изготовления, возможностью механизировать и автоматизировать их производство, сокращением трудовых затрат при монтаже. Малая металлоемкость способствует повышению теплового напряжения металла конвекторов. Конвекторы – приборы малой тепловой инерции.

Теплопередача конвекторов с кожухом растет при увеличении высоты кожуха (на 20 % при увеличении его высоты от 250 до 600 мм). Теплопередача возрастает еще заметнее при искусственно усиленной конвекции воздуха у поверхности нагревателя, если в кожухе установить вентилятор специальной конструкции (вентиляторный конвектор).

Конвекторы без кожуха занимают мало места по глубине помещений (строительная глубина 60...70 мм), при размещении их у пола по всей длине окон и наружных стен способствуют созданию теплового комфорта в помещениях. Однако вследствие малой теплоотдачи на единицу длины часто приходится устанавливать приборы в два яруса или ряда для получения необходимой площади нагревательной поверхности. Это придает им непривлекательный внешний вид. Конвекторы не применяются при повышенных требованиях к гигиене помещений.

Ребристой трубой называют конвективный прибор, представляющий собой фланцевую чугунную трубу, наружная поверхность которой покрыта совместно отлитыми тонкими ребрами.

Площадь внешней поверхности ребристой трубы во много раз больше, чем площадь поверхности гладкой трубы таких же диаметра и длины. Это придает отопительному прибору компактность. Кроме того, пониженная температура поверхности ребер при использовании высокотемпературного теплоносителя, сравнительная простота изготовления и невысокая стоимость способствуют применению этого малоэффективного в теплотехническом отношении и металлоемкого прибора. К недостаткам ребристых труб относятся также неэстетичный внешний вид, малая механическая прочность ребер и трудность очистки от пыли.

Круглые чугунные ребристые трубы выпускают длиной от 0,5 до 2,0 м; устанавливают их горизонтально в несколько ярусов и соединяют по змеевиковой форме на болтах с помощью чугунных «калачей» – фланцевых двойных отводов и контрфланцев.

При выборе вида и типа отопительного прибора учитывают ряд факторов – назначение, архитектурно-технологическую планировку и особенности теплового режима помещения, место и продолжительность пребывания людей, вид системы отопления, технико-экономические и санитарно-гигиенические показатели прибора. Прежде всего исходят из основной области применения, а также из соответствия санитарно-гигиенических показателей предъявляемым требованиям.

В отдельных случаях отопительный прибор выбирается на основании специального технико-экономического сопоставления нескольких видов; иногда выбор обусловлен наличием прибора определенного типа.

При повышенных санитарно-гигиенических, а также противопожарных и взрывобезопасных требованиях, предъявляемых к помещению, выбирают приборы с гладкой поверхностью. Как уже известно, это радиаторы и гладкотрубные приборы. Бетонные панельные радиаторы в этом слу-

чае, особенно совмещенные со строительными конструкциями, наилучшим образом способствуют содержанию помещения в чистоте. Стальные панельные радиаторы и гладкотрубные приборы могут быть рекомендованы при менее строгом отношении к гигиене и внешнему виду помещения.

При обычных санитарно-гигиенических требованиях, предъявляемых к помещению, можно использовать приборы с гладкой и ребристой поверхностью. В гражданских зданиях чаще применяют радиаторы и конвекторы, в производственных – радиаторы и ребристые трубы (несколько труб друг над другом) как более компактные приборы, обеспечивающие повышенную теплоотдачу на единицу их длины.

В помещениях, предназначенных для кратковременного пребывания людей (менее 2 ч), можно использовать приборы любого типа, отдавая предпочтение приборам с высокими технико-экономическими показателями.

Благоприятным с точки зрения создания теплового комфорта для людей является обогревание помещения через пол. Теплый пол, равномерно нагретый до температуры, допустимой по санитарно-гигиеническим требованиям (например, в жилой комнате – до 26 °С), обеспечивает ровную температуру и слабую циркуляцию воздуха, устраняет перегревание верхней зоны в помещении. Сравнительно высокая стоимость и трудоемкость устройства теплого пола для отопления помещения в большинстве случаев определяют замену его вертикальными отопительными приборами как более компактными и дешевыми.

Размещение вертикального отопительного прибора в помещении возможно как у наружной, так и у внутренней стены. На первый взгляд целесообразна установка прибора у внутренней стены помещения – сокращается длина труб, подающих и отводящих теплоноситель от прибора (требуется один стояк на два прибора).

Кроме того, увеличивается теплопередача такого прибора в помещение (примерно на 7 % в равных температурных условиях) вследствие интенсификации внешнего теплообмена и устранения дополнительной теплотери через наружную стену. Все же подобное размещение прибора допустимо лишь в южных районах с короткой и теплой зимой, так как оно сопровождается неблагоприятным для здоровья людей движением воздуха с пониженной температурой у пола помещений.

В средней полосе целесообразно устанавливать отопительный прибор вдоль наружной стены помещения, и особенно под окном. При таком размещении прибора возрастает температура внутренней поверхности в

нижней части наружной стены и окна, что повышает тепловой комфорт помещения, уменьшая радиационное охлаждение людей. Поток теплого воздуха при расположении прибора под окном препятствует образованию ниспадающего потока холодного воздуха, если нет подоконника, перекрывающего прибор, и движению воздуха с пониженной температурой у пола помещения. Длина прибора для этого должна быть не менее трех четвертей ширины оконного проема.

Вертикальный отопительный прибор следует размещать возможно ближе к полу помещения (но не ближе 60 мм от пола для удобства очистки подприборного пространства от пыли).

При значительном подъеме прибора над полом в помещении создается охлажденная зона, так как циркуляционные потоки нагретого воздуха, замыкаясь на уровне установки прибора, не захватывают и не прогревают в этом случае нижнюю часть помещения.

Особое размещение отопительных приборов требуется на лестничных клетках – вертикальных шахтах снизу доверху здания. Естественное движение воздуха на лестничных клетках в зимний период, усиливающееся с увеличением высоты, способствует теплопереносу в верхнюю их часть и вместе с тем вызывает переохлаждение нижней части, прилегающей к открывающимся наружным дверям. Частота открывания наружных дверей и, следовательно, охлаждение прилегающей части лестницы косвенно связаны с размерами здания и в многоэтажном здании в большинстве случаев выше, чем в малоэтажном. Очевидно, при равномерном размещении отопительных приборов по высоте будет происходить перегревание средней и верхней частей лестничной клетки и переохлаждение нижней части. Таким образом, в лестничных клетках целесообразно располагать отопительные приборы в нижней их части, рядом с входными дверями. Их размещают на первом этаже при входе и в крайнем случае переносят часть приборов (до 20 % в двухэтажных, до 30 % в трехэтажных зданиях) на промежуточную лестничную площадку между первым и вторым этажами. Установка отопительного прибора во входном тамбуре с наружной дверью нежелательна во избежание замерзания воды в нем или в отводной трубе в том случае, если наружная дверь длительное время остается открытой.

Все отопительные приборы располагают так, чтобы были обеспечены их осмотр, очистка и ремонт. Вместе с тем вертикальные металлические приборы размещают под подоконниками, в стенных нишах, специально ограждают или декорируют. Если по технологическим, противопожарным или эстетическим требованиям ограждение или декорирование

прибора необходимо, то теплоотдача укрытых приборов по возможности не должна уменьшаться (или уменьшаться не более чем на 10 %). Поэтому конструкция укрытия прибора, вызывающая сокращение теплоотдачи излучением, должна способствовать увеличению конвективной теплоотдачи.

Тепловой поток от теплоносителя передается в помещение через стенку отопительного прибора. **Интенсивность теплопередачи отопительного прибора** характеризуют **коэффициентом теплопередачи** k_{np} , который выражает плотность теплового потока на внешней поверхности стенки, отнесенного к разности температур теплоносителя и воздуха, разделенных стенкой.

Коэффициент теплопередачи каждого вновь разрабатываемого отопительного прибора не рассчитывают аналитически, а устанавливают опытным путем без деления теплового потока на части, выражающие теплопередачу конвекцией и излучением.

Основными факторами, определяющими величину k_{np} , являются вид и конструктивные особенности, приданные прибору при его разработке; температурный напор при эксплуатации прибора.

Вид отопительного прибора позволяет заранее судить о возможной величине коэффициента теплопередачи. Для гладкотрубных приборов характерны сравнительно высокие, для секционных радиаторов – средние, для конвекторов и ребристых труб – низкие значения коэффициента теплопередачи.

Вторым основным фактором, определяющим величину k_{np} в эксплуатационных условиях, является температурный напор Δt , то есть разность температуры теплоносителя t_T и температуры окружающего прибор воздуха t_g . При этом наибольшему температурному напору соответствует наивысшее значение коэффициента теплопередачи.

Среди второстепенных факторов, влияющих на коэффициент теплопередачи приборов систем водяного отопления, прежде всего выделяется расход воды G_{np} . В зависимости от расхода воды изменяются скорость движения w и режим течения воды в приборе, т. е. условия теплообмена на его внутренней поверхности. Кроме того, изменяется равномерность температурного поля на внешней поверхности прибора.

На равномерность температурного поля на внешней поверхности отопительных приборов влияет также направление движения воды внутри прибора, связанное с местами ее подвода и отведения, т. е. способ соединения приборов с теплопроводами.

Способ соединения приборов или их нагревательных элементов с трубами, изменяющий условия подачи, растекания, внутренней циркуляции, слияния и отведения потоков теплоносителя, называют **схемой присоединения**. Все схемы присоединения приборов к трубам систем отопления разделены на три группы. Радиаторы чугунные секционные и стальные панельные выделены в первую группу, конвекторы с кожухом – в третью, остальные приборы с трубчатыми нагревательными элементами отнесены ко второй группе.

На рис. 5.7 представлены три основные схемы подачи и отвода воды из отопительных приборов. Наиболее равномерная и высокая температура поверхности радиаторов достигается при схеме присоединения сверху вниз (схема *а*, когда нагретая вода подводится к верхней пробке радиатора, а охлажденная вода отводится от нижней пробки). Поэтому значение коэффициента теплопередачи будет в этом случае всегда выше, чем при движении воды снизу вниз (схема *б*) и особенно – снизу вверх (схема *в*).

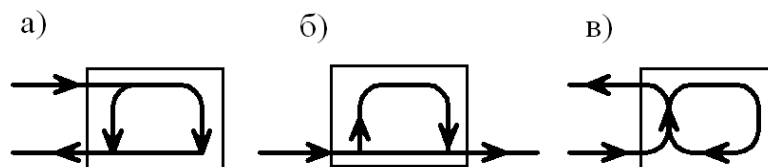


Рис. 5.7. Схемы подачи и отвода воды из отопительных приборов

На коэффициент теплопередачи влияют также следующие второстепенные факторы:

а) скорость движения воздуха υ у внешней поверхности прибора. При установке прибора у внутреннего ограждения k_{np} повышается за счет усиления циркуляции воздуха в помещении;

б) конструкция ограждения прибора. Коэффициент теплопередачи уменьшается при переносе свободно установленного прибора в нишу стены; декоративное ограждение прибора, выполненное без учета теплотехнических требований, может значительно уменьшить k_{np} ;

в) расчетное значение атмосферного давления, установленное для места расположения здания. При пониженном давлении по сравнению с номинальным (1013,3 гПа) коэффициент теплопередачи также понижается вследствие уменьшения плотности воздуха;

г) окраска прибора. Состав и цвет краски могут несколько изменять коэффициент теплопередачи. Краски, обладающие высокой излучательной

способностью, увеличивают теплоотдачу прибора, и наоборот. Например, окраска цинковыми белилами повышает теплопередачу чугунного секционного радиатора на 2,2 %, нанесение алюминиевой краски, растворенной в нитролаке, уменьшает ее на 8,5 %. Влияние окраски связано также с конструкцией прибора. Нанесение алюминиевой краски на поверхность панельного радиатора – прибора с повышенным излучением – снижает теплопередачу на 13 %. Окраска конвекторов и ребристых труб незначительно влияет на их теплопередачу.

На значении коэффициента теплопередачи сказываются также качество обработки внешней поверхности, загрязненность внутренней поверхности, наличие воздуха в приборах и другие эксплуатационные факторы.

В зависимости от значения коэффициента теплопередачи и размеров отопительного прибора изменяется его общий тепловой поток. Величина общего теплового потока обусловлена его *поверхностной плотностью*, т. е. значением удельного теплового потока, передаваемого от теплоносителя через 1 м² площади прибора в окружающую среду.

Тепловой расчет приборов заключается в *определении площади внешней нагревательной поверхности каждого прибора, обеспечивающей необходимый тепловой поток от теплоносителя в помещении*. Расчет проводится при температуре теплоносителя, устанавливаемой для условий выбора тепловой мощности приборов. Для теплоносителя пара это температура насыщенного пара при заданном его давлении в приборе. Для теплоносителя воды это максимальная средняя температура воды в приборе, связанная с ее расходом.

Тепловая мощность прибора, т. е. его расчетная теплоотдача Q_{np} определяется теплотребностью помещения за вычетом теплоотдачи теплопроводов, проложенных в этом помещении. Площадь теплоотдающей поверхности зависит от принятого вида прибора, его расположения в помещении и схемы присоединения к трубам. Эти факторы отражаются на значении поверхностной плотности теплового потока прибора.

Расчетная площадь F_{np} , м², отопительного прибора независимо от вида теплоносителя

$$F_{np} = Q_{np} / q_{np}, \quad (5.2)$$

где Q_{np} – требуемая теплоотдача прибора, Вт, в рассматриваемое помещение, определяемая в соответствии с формулой (5.1); q_{np} – поверхностная плотность теплового потока прибора, Вт/м².

В зависимости от вида отопительного прибора по расчетной площади поверхности теплоотдачи в результате расчета определяется либо количество секций прибора, либо набор стандартных элементов прибора, либо длина греющих труб приборов.

Теплопотребности помещений, выявленные в расчетных условиях, определяют площадь отопительных приборов. Площадь является постоянной характеристикой каждого установленного прибора. Между тем, известно, что расчетные условия наблюдаются при отоплении зданий далеко не всегда. В течение отопительного сезона изменяется температура наружного воздуха, на здания эпизодически воздействуют ветер и солнечная радиация, тепловыделения в помещениях неравномерны. Поэтому для поддержания теплового режима помещений на заданном уровне необходимо в процессе эксплуатации регулировать теплопередачу отопительных приборов. Эксплуатационное **регулирование теплового потока отопительных приборов** может быть качественным и количественным.

Качественное регулирование достигается изменением температуры теплоносителя, подаваемого в систему отопления. Качественное регулирование по месту осуществления может быть *центральным*, проводимым на тепловой станции, и *местным*, выполняемым в тепловом пункте здания.

Количественное регулирование теплопередачи приборов осуществляется изменением количества теплоносителя (воды или пара), подаваемого в систему или прибор. По месту проведения оно может быть не только центральным и местным, но и *индивидуальным*, то есть выполняемым у каждого отопительного прибора.

Эксплуатационное регулирование теплопередачи приборов может быть автоматизировано. Местное автоматическое регулирование в тепловом пункте здания обычно проводят, ориентируясь на изменение температуры наружного воздуха (этот способ регулирования называют «по возмущению»). Индивидуальное автоматическое регулирование теплопередачи прибора происходит при отклонении температуры воздуха в помещении от заданного уровня (регулирование «по отклонению»).

Для индивидуального автоматического регулирования применяют регуляторы температуры прямого и косвенного действия.

Для индивидуального ручного регулирования теплопередачи приборов служат краны и вентили [16].

5.5. Гидравлический расчет систем водяного отопления

Естественное циркуляционное давление, возникающее в системах водяного отопления, в общем случае можно рассматривать как сумму двух величин: давления $\Delta p_{e.np}$, возникающего за счет охлаждения воды в отопительных приборах, и давления $\Delta p_{e.mp}$, вызываемого охлаждением воды в теплопроводах:

$$\Delta p_e = \Delta p_{e.np} + \Delta p_{e.mp}. \quad (5.3)$$

В системах отопления многоэтажных зданий первое слагаемое в большинстве случаев является основным по величине, а второе – дополнительным. **В системах с естественной циркуляцией** Δp_e , рассчитанное по формуле (5.3), является **расчетным циркуляционным давлением** Δp_p .

Расчетное циркуляционное давление в системе с искусственной циркуляцией складывается из давления $\Delta p_{нас}$, создаваемого насосом, и естественного давления Δp_e :

$$\Delta p_p = \Delta p_{нас} + \Delta p_e = \Delta p_{нас} + B(\Delta p_{e.np} + \Delta p_{e.mp}), \quad (5.4)$$

где B – коэффициент, определяющий долю максимального естественного давления, которую целесообразно учитывать в расчетных условиях; для двухтрубных и однострубных горизонтальных систем – 0,4...0,5, для однострубных – 1.

Системы отопления представляют собой разветвленную сеть теплопроводов, выполняющих важную функцию распределения теплоносителя по отопительным приборам. Теплопроводы предназначены для доставки и передачи в каждое помещение обогреваемого здания необходимого количества тепловой энергии. Так как теплопередача происходит при охлаждении определенного количества воды, требуется выполнить гидравлический расчет системы.

Для определения диаметров теплопроводов при заданной тепловой нагрузке и расчетном циркуляционном давлении выполняют **гидравлический расчет трубопроводов системы отопления**.

Как известно, при движении реальной жидкости по трубам всегда имеют место потери давления на преодоление сопротивления двух видов – трения и в местных сопротивлениях (тройники, крестовины, отводы, вентили, краны, отопительные приборы и т. д.).

Гидравлический расчет выполняют по пространственной схеме системы отопления, вычерчиваемой обычно в аксонометрической проекции. На схеме системы выявляют циркуляционные кольца, делят их на участки и наносят тепловые нагрузки. В циркуляционное кольцо могут быть включены один (двухтрубная система) или несколько (однотрубная система) отопительных приборов и всегда – теплогенератор, а также побудитель циркуляции теплоносителя в насосной системе отопления.

Участком называют трубу постоянного диаметра с одним и тем же расходом теплоносителя. Последовательно соединенные участки, образующие замкнутый контур циркуляции воды через теплогенератор, составляют **циркуляционное кольцо системы**.

Тепловая нагрузка прибора (точнее, прибора с прилегающим этажом) принимается равной расчетным теплотерям помещений $\sum Q_{nom}$ (за вычетом теплоступлений, если они имеются).

Тепловая нагрузка участка $Q_{уч}$ составляется из тепловых нагрузок приборов, обслуживаемых протекающей по участку водой. Для участка подающего теплопровода тепловая нагрузка выражает запас теплоты в протекающей горячей воде, предназначенной для последующей (на дальнейшем пути воды) теплопередачи в помещения; для участка обратного теплопровода – потери теплоты протекающей охлажденной водой при теплопередаче в помещения (на предшествующем пути воды). Тепловая нагрузка участка предназначена для определения расхода воды на участке в процессе гидравлического расчета.

Расход воды на участке $G_{уч}$ при расчетной разности температур воды в системе $t_2 - t_o$ с учетом дополнительной теплоподачи в помещения определяется по формуле

$$G_{уч} = \frac{3,6Q_{уч}}{c(t_2 - t_o)} \beta_1 \beta_2, \quad (5.5)$$

где $Q_{уч}$ – тепловая нагрузка участка, Вт; c – удельная массовая теплоемкость воды, равная 4,187 кДж/кг·град; β_1, β_2 – поправочные коэффициенты, учитывающие дополнительную теплоотдачу в помещения.

Гидравлический расчет можно выполнять различными методами: по удельным потерям давления, по характеристикам сопротивления, по приведенным длинам, по динамическим давлениям. Наиболее широкое распространение получили первые два метода расчета теплопроводов: **по удельным потерям давления** и **по характеристикам сопротивления**.

Методика гидравлического расчета теплопроводов систем водяного отопления:

1. Разрабатывается аксонометрическая схема системы отопления. К составлению такой схемы приступают после того, как: подсчитаны теплотери помещениями здания; выбран тип отопительных приборов и определено их число для каждого помещения; размещены на поэтажных планах здания отопительные приборы, горячие и обратные стояки, а на планах чердака и подвала – подающие и обратные магистрали; выбрано место для теплового пункта или котельной; определены размеры расширительного сосуда, если он требуется, и способ воздухоудаления; показано на плане чердака или верхнего этажа (при совмещенной крыше) размещение расширительного сосуда и приборов воздухоудаления. На планах этажей, чердака и подвала горячие и обратные стояки системы отопления должны быть пронумерованы, а на аксонометрической схеме кроме стояков нумеруются и все расчетные участки циркуляционных колец. Для расчета трубопровода дополнительно на схеме указывают тепловую нагрузку и длину каждого расчетного участка трубопровода циркуляционного кольца, а также всю запорно-регулирующую арматуру (краны, задвижки и т. д.). Сумма длин всех расчетных участков составляет величину расчетного циркуляционного кольца.

2. Выбирается главное циркуляционное кольцо. В тупиковых однотрубных системах это кольцо через наиболее удаленный стояк, в попутных однотрубных системах – кольцо через один из средних наиболее нагруженных стояков, в двухтрубных с верхней разводкой – кольцо через нижний прибор наиболее удаленного стояка.

3. Определяется расчетное циркуляционное давление Δp_p , Па, по формулам (5.3) и (5.4).

4. Определяются потери давления $\Delta p_{уч}$ на каждом участке:

– при расчете по методу удельных потерь

$$\Delta p_{уч} = Rl + Z, \quad (5.6)$$

где R – удельные потери давления на трение на участке, Па/м, определяемые по номограммам; $Z = \sum \zeta \frac{\rho w^2}{2}$ – потери давления в местных сопротивлениях, Па; $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке; ρ – плотность воды, кг/м³; w – скорость воды на участке, м/с;

– при расчете по методу характеристик сопротивления

$$\Delta p_{yc} = SG_{yc}^2, \quad (5.7)$$

где $S = A \left(\frac{\lambda}{d} l + \sum \zeta \right)$ – характеристика сопротивления рассматриваемого участка трубопровода, Па/(кг/с)²; G – расход воды на рассматриваемом участке, кг/с; λ / d – приведенный коэффициент гидравлического трения; l – длина участка трубопровода; $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке; A – удельное динамическое давление на участке, Па/(кг/с)².

При расчете отдельных участков трубопровода необходимо иметь в виду следующее: местное сопротивление тройников и крестовин относят к расчетным участкам с наименьшим расходом воды; местные сопротивления нагревательных приборов, котлов и бойлеров учитывают поровну в каждом примыкающем к ним трубопроводе.

Определяются суммарные потери давления в расчетном циркуляционном кольце. Для нормальной работы системы отопления, т. е. обеспечения затекания воды во все отопительные приборы и, соответственно, передачи заданного количества теплоты во все помещения, потери давления в расчетном циркуляционном кольце должны быть на 10 % меньше располагаемого циркуляционного давления, т. е. должно соблюдаться условие

$$\Delta p = \sum \Delta p_{yc} \leq 0,9 \Delta p_p. \quad (5.8)$$

При этом желательно не отступать от величины 10 % ни в большую, ни в меньшую сторону.

Если по произведенному расчету с учетом запаса до 10 % расходуемое давление в системе будет больше или меньше располагаемого давления, то на отдельных участках кольца следует изменить диаметры труб.

Невязка в расходуемом давлении между отдельными циркуляционными кольцами допускается в однетрубных системах и двухтрубных системах с попутным движением воды до 15 %, а в двухтрубных с тупиковой разводкой – до 25 % [16].

5.6. Системы пароводяного отопления. Понятие о системах отопления зданий повышенной этажности

Системы пароводяного отопления выполняют по любой схеме водяного отопления, но *нагрев циркулирующей в них воды осуществляется паром* в теплообменных аппаратах. Такие системы целесообразно применять, когда система централизованного теплоснабжения паровая. Чаще

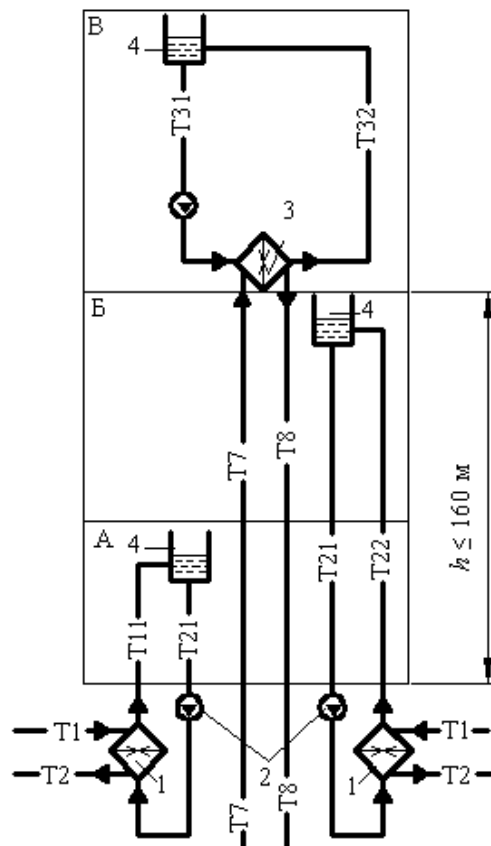
всего применение пароводяных систем характерно для промышленных предприятий. Для жилых зданий пароводяные системы отопления применяются в верхней части высотных зданий.

Многоэтажное здание для уменьшения гидростатического давления на приборы нижних этажей разделяют по высоте на несколько зон и в каждой зоне устраивают отдельную систему отопления (рис. 5.8). Число зон по высоте здания и высота каждой зоны определяются допустимым гидростатическим давлением отопительных приборов и оборудования теплового пункта. Система каждой зоны гидравлически независима от других зон, а также от давления наружных тепловых сетей. При теплоснабжении от ТЭЦ зональные системы отопления присоединяют по независимой схеме к водоводяным теплообменникам, размещаемым в подвале здания.

В зданиях высотой более 160 м в верхней зоне устраивают пароводяное отопление. Теплоноситель – пар, отличающийся незначительным гидростатическим давлением, – подается на технический этаж верхней зоны в тепловой пункт с пароводяным подогревателем. В нижней зоне таких зданий устраиваются водо-водяные системы отопления.

Рис. 5.8. Принципиальная схема комбинированного отопления многоэтажного здания:

- 1 – водо-водяной теплообменный аппарат;
- 2 – циркуляционный насос;
- 3 – пароводяной теплообменный аппарат;
- 4 – расширительный бак;
- T1, T2 – подающая и обратная магистрали водяной системы теплоснабжения;
- T7, T8 – подающая и обратная магистрали паровой системы теплоснабжения;
- T11, T12 – подающая и обратная магистрали системы отопления зоны А;
- T21, T22 – подающая и обратная магистрали системы отопления зоны Б;
- T31, T32 – подающая и обратная магистрали системы отопления зоны В



В зданиях высотой более 250 м пароводяные системы могут быть в двух верхних зонах и более [12].

5.7. Системы парового отопления

В системах парового отопления используется свойство пара при конденсации выделять скрытую теплоту фазового превращения. При конденсации в нагревательном приборе 1 кг пара помещение получает около 2260 кДж теплоты.

По сравнению с системами водяного отопления системы парового отопления имеют следующие *преимущества*:

1) благодаря малой плотности пара он перемещается с большими скоростями, вследствие чего требуются меньшие диаметры теплопроводов, чем при водяном отоплении, поэтому стоимость теплопроводов в системах парового отопления ниже, чем в системах водяного отопления;

2) большой коэффициент теплоотдачи от пара к стенкам отопительного прибора (за счет высокой величины скрытой теплоты фазового превращения), благодаря этому и высокой температуре пара площадь поверхности отопительных приборов в системах парового отопления приблизительно на 25 – 30 % меньше, чем и системах водяного отопления;

3) быстрый прогрев помещений и выключение системы из работы;

4) возможность использования систем отопления в зданиях повышенной этажности вследствие малой плотности пара.

Однако наряду со всеми перечисленными положительными свойствами пар имеет ряд существенных *недостатков*:

1) невозможность регулирования теплоотдачи отопительных приборов путем изменения температуры теплоносителя, т. е. невозможность качественного регулирования;

2) постоянно высокая температура (100 °С и более) поверхности теплопроводов и отопительных приборов, что вызывает разложение оседающей органической пыли, а также вынуждает устраивать перерывы в подаче пара; перерывы в подаче пара приводят к колебанию температуры воздуха в помещениях, т. е. к понижению уровня теплового комфорта;

3) увеличение бесполезных теплопотерь паропроводами, когда они проложены в необогреваемых помещениях;

4) шум при действии систем, особенно при возобновлении работы после перерыва;

5) сокращение срока службы теплопроводов – при перерывах в подаче пара теплопроводы заполняются воздухом, что усиливает коррозию их внутренней поверхности.

Вследствие этих недостатков система парового отопления не допускается к применению в жилых, общественных и административно-бытовых зданиях, а также в производственных помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха.

Паровое отопление может устраиваться в производственных помещениях без выделения пыли и аэрозолей или с выделением негорючей и неядовитой пыли, негорючих и не поддерживающих горение газов и паров, со значительными влаговыведениями, а также для обогрева лестничных клеток, пешеходных переходов, вестибюлей зданий.

Классификация систем парового отопления выполняется по нескольким признакам. **По величине начального давления пара**, подаваемого в систему отопления, различают системы отопления **высокого** ($p_{изб} > 0,07$ МПа), **низкого** ($p_{изб} < 0,07$ МПа) давления и **вакуум-паровые** ($p_{абс} < 0,1$ МПа).

По способу возврата конденсата системы парового отопления подразделяют на **замкнутые** (конденсат благодаря наклону трубопроводов самотеком возвращается из отопительных приборов в котел или в тепловую сеть) и **разомкнутые** (конденсат поступает сначала в конденсаторный бак, а затем перекачивается насосом в котел или в тепловую сеть).

По месту расположения паропроводов и схеме стояков системы парового отопления могут выполняться с **верхним, нижним и промежуточным** распределением пара при однотрубной и двухтрубной схемах обслуживания отопительных приборов.

На рис. 5.9. показана схема замкнутой системы парового отопления низкого давления с промежуточным распределением пара. Пар из котла по главному стояку 1 вследствие разностей давлений в котле и отопительных приборах поднимается в магистральный паропровод 2 и далее по паровым стоякам 5 подается в отопительный прибор. Здесь пар конденсируется, отдавая в отапливаемое помещение скрытую теплоту парообразования. Образующийся при этом конденсат по конденсатным стоякам 3 и сборному конденсатопроводу 6, прокладываемому с уклоном не менее 0,005 в направлении его движения, самотеком возвращается в котел. Для нормального удаления воздуха из системы диаметр конденсатопровода в рассматриваемой схеме должен быть таким, чтобы стекающий конденсат заполнял не больше половины диаметра трубы. Соблюдение этого условия позволяет воздушному пространству конденсатопровода сообщаться с атмосферой с помощью воздушной трубки 8. Место присоединения воздушной трубки к конденсатопроводу должно быть выше уровня воды в трубе 7, питающей котел конденсатом. При этом условии магистральный конденсатопровод никогда не будет заполняться полностью водой, т. е. будет так называемым

«сухим» конденсатопроводом. Такой конденсатопровод прокладывают либо под потолком подвала, либо под полом первого этажа. При большой протяженности паропровода в замкнутых системах для уменьшения заглибления котельных конденсатопровод прокладывается ниже уровня воды в котле. Такой конденсатопровод называется «мокрым», т. к. он полностью заполняется конденсатом.

На подводках к отопительному прибору устанавливается тройник с пробкой 4 для проверки наличия пара в конденсационной подводке, которого там быть не должно.

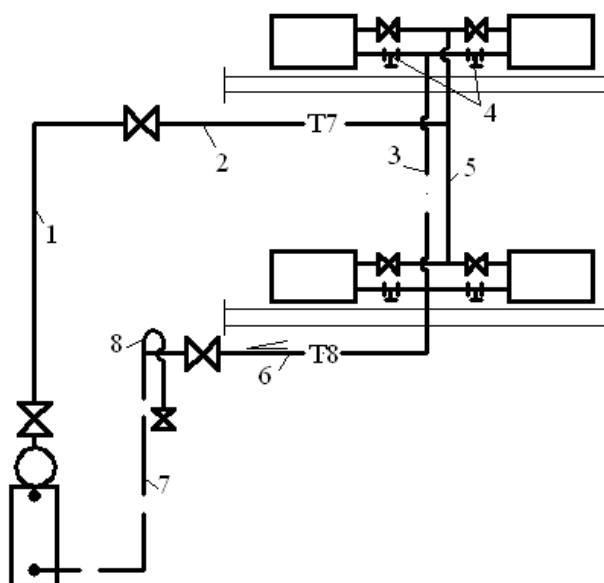


Рис. 5.9. Система парового отопления низкого давления с промежуточным распределением пара

Система парового отопления низкого давления с нижним распределением пара отличается от систем с верхним и промежуточным распределением главным образом расположением магистрального паропровода, при котором устраивают специальный гидравлический затвор или устанавливают водоотводчик у дальнего стояка для отвода конденсата из стояков и магистрального паропровода (рис. 5.10.)

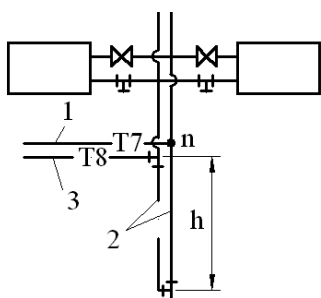


Рис. 5.10. Схема системы осушки пара при нижней разводке паропроводов:
1 – паропровод; 2 – гидравлический затвор;
3 – конденсатопровод

Рассмотрим узел управления и схему парового отопления высокого давления с верхним распределением пара (рис. 5.11.). Пар из котельной по паропроводу 1 поступает в узел управления с давлением $p_{изб} = 0,6$ МПа. Для системы отопления здания пар может быть использован с давлением не выше 0,3 МПа, поэтому для понижения давления устанавливается редукционный клапан 2 с обводной линией 3. После этого устанавливается предохранительный клапан 4, отрегулированный на давление $p_{изб} = 0,3$ МПа. Затем пар поступает по паропроводу 5 и отопительным стоякам 6 в нагревательные приборы, после которых по конденсационным стоякам 7 и конденсатопроводу 8 конденсат поступает обратно в котельную. Для предотвращения прорыва пара в конденсатопровод и отвода попутного конденсата устанавливаются конденсатоотводчики 9.

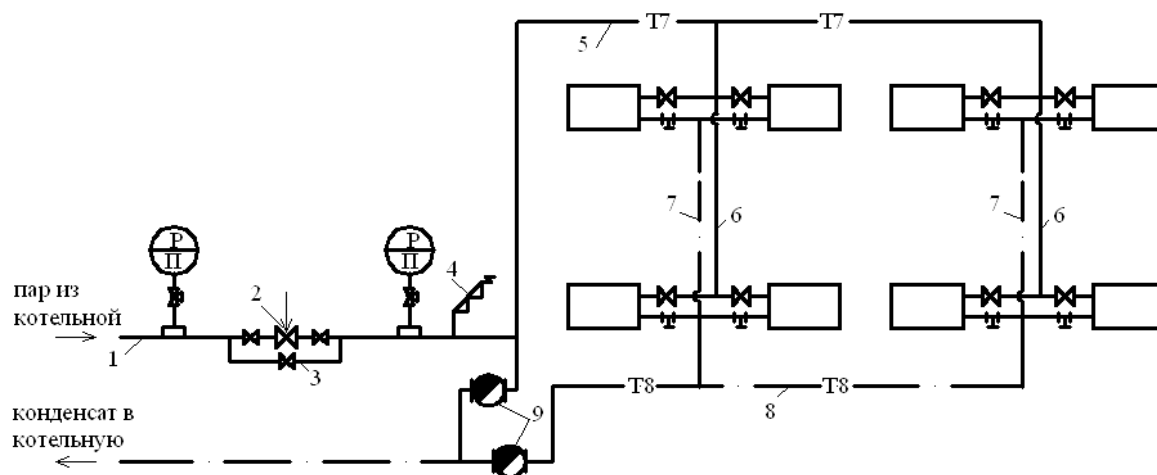


Рис. 5.11. Система парового отопления высокого давления с верхним распределением пара

В отличие от систем водяного отопления **гидравлический расчет систем парового отопления** предусматривает отдельные расчеты паропроводов и конденсатопроводов, а не расчет общего кольца, как в системах водяного отопления. Однако методы расчета обеих систем аналогичны.

Располагаемым давлением на преодоление сопротивлений трения и местных сопротивлений в паропроводе системы отопления является разность давлений пара в котле (или в тепловом пункте после редуктора) и перед вентилем наиболее удаленного от котла (от теплового пункта) прибора. Давление пара в котле $p_{изб}$ для систем парового отопления низкого давления принимают в зависимости от протяженности паропровода, соединяющего котел с наиболее удаленным отопительным прибором.

5.8. Системы воздушного отопления

При воздушном отоплении *в качестве теплоносителя* используют *воздух, нагретый до температуры, более высокой, чем воздух в помещении*. Нагретый воздух подается в помещение и, смешиваясь с внутренним воздухом, отдает ему то количество теплоты, которое необходимо для возмещения теплопотерь помещения.

Классификация систем воздушного отопления:

- *по виду первичного теплоносителя*, нагревающего воздух, – *паровоздушные, водовоздушные, газозвоздушные*;
- *по способу перемещения нагретого воздуха* – *естественная* (воздух перемещается за счет разности плотностей холодного и нагретого воздуха) и *с механическим побуждением* (воздух перемещается с помощью вентилятора);
- *по месту приготовления нагретого воздуха* – *централизованные* (подача воздуха в несколько помещений производится из одного центра) и *децентрализованные* (подача воздуха производится местными отопительными и отопительно-вентиляционными агрегатами);
- *по качеству воздуха, подаваемого в помещение*, – *прямоточные* (обрабатывают и подают в помещения только наружный воздух), *рециркуляционные* (перемещают и обрабатывают один и тот же внутренний воздух) и *с частичной рециркуляцией* (часть обрабатываемого воздуха забирается снаружи, часть – изнутри помещения).

Теплоотдачу систем воздушного отопления регулируют с учетом теплопотерь помещения: при повышении наружной температуры понижают температуру подаваемого в помещение воздуха, и наоборот. Предельная температура подогретого воздуха не должна превышать 70 °С, чтобы не вызывать пригорание органической пыли.

Расход воздуха для воздушного отопления, совмещенного с вентиляцией, определяется по формуле

$$L_{np} = \frac{3,6Q_n}{\rho c(t_{np} - t_g)}, \quad (5.9)$$

где Q_n – тепловой поток на отопление помещения, Вт; $c = 1,2$ кДж/(м³·К) – теплоемкость воздуха; t_{np} – температура воздуха, подаваемого в помещение, °С; t_g – температура воздуха в рабочей зоне помещения, °С.

К основным **преимуществам** воздушного отопления перед другими способами отопления относятся:

- 1) возможность совмещения отопления с вентиляцией;
- 2) отсутствие тепловой инерции, т. е. тепловой эффект при включении системы в действие достигается немедленно;
- 3) расход металла меньше в 6 – 8 раз, а капитальные затраты – в 1,5 – 2 раза (при сосредоточенной подаче воздуха).

К **недостаткам** воздушного отопления относятся:

- 1) возможность перемещения вредных выделений вместе с движущимся воздухом;
- 2) шум при работе вентиляторных установок;
- 3) большой расход электроэнергии.

На рис. 5.12 представлены принципиальные схемы местной системы воздушного отопления. Чисто отопительная система с полной рециркуляцией теплоносителя воздуха может быть бесканальной (см. рис. 5.12, *а*) и канальной (см. рис. 5.12, *б*). При бесканальной системе внутренний воздух, имеющий температуру t_g , нагревается первичным теплоносителем в калорифере до температуры t_{np} и перемещается вентилятором. Наличие вертикального канала для горячего воздуха вызывает естественную циркуляцию внутреннего воздуха через помещение и калорифер. Эти две схемы применяются для местного воздушного отопления помещений, не нуждающихся в искусственной приточной вентиляции. В качестве нагревательного элемента в данных схемах может применяться тепловентилятор.

Для местного воздушного отопления помещения одновременно с приточно-вытяжной вентиляцией используют две другие схемы, изображенные на рис. 5.12, *в*, *г*. По схеме на рис. 5.12, *в* с частичной рециркуляцией часть воздуха забирается снаружи, другая часть внутреннего воздуха подмешивается к наружному (осуществляется частичная рециркуляция воздуха). Смешанный воздух догревается в калорифере и подается вентилятором в помещение. Помещение обогревается всем поступающим в него воздухом, а вентилируется только той его частью, которая забирается снаружи. Эта часть воздуха удаляется из помещения в атмосферу (по каналу 7 на рис. 5.12, *в*).

Схема на рис. 5.12, *г* – приточная: наружный воздух в количестве, необходимом для вентиляции помещения, дополнительно нагревается для отопления, а после охлаждения до температуры помещения удаляется в таком же количестве в атмосферу. Нагрев и подача воздуха при таких схемах организации воздушного отопления осуществляются отопительно-вентиляционными агрегатами.

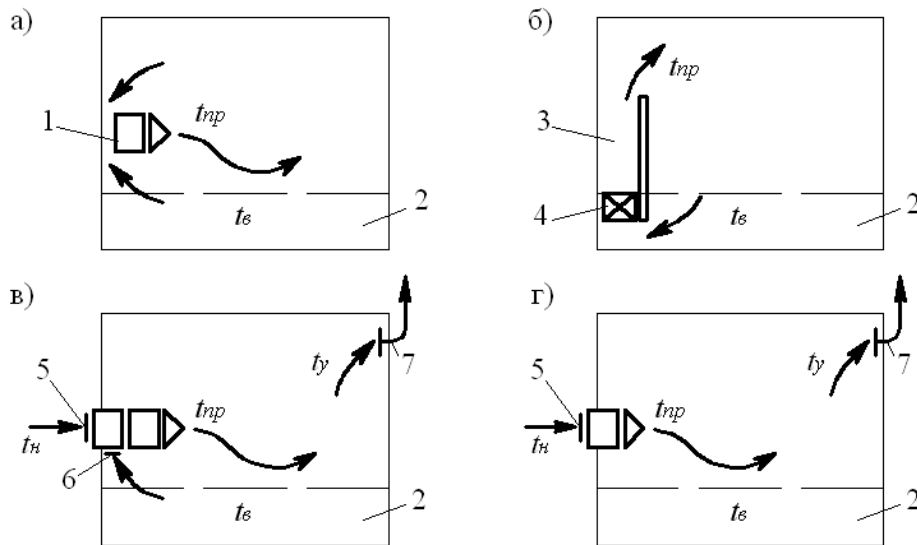


Рис. 5.12. Принципиальные схемы местной системы воздушного отопления:
а, б – полностью рециркуляционные; *в* – частично рециркуляционная; *г* – прямоточная;
 1 – отопительный агрегат; 2 – рабочая зона; 3 – канал нагретого воздуха;
 4 – теплообменник-калорифер; 5 – воздухозабор; 6 – рециркулирующий воздух;
 7 – канал вытяжной вентиляции

Центральная система воздушного отопления – канальная. Воздух нагревается до необходимой температуры в тепловом центре здания и выпускается в помещения через воздухораспределители. Принципиальная схема центральной системы приведена на рис. 5.13.

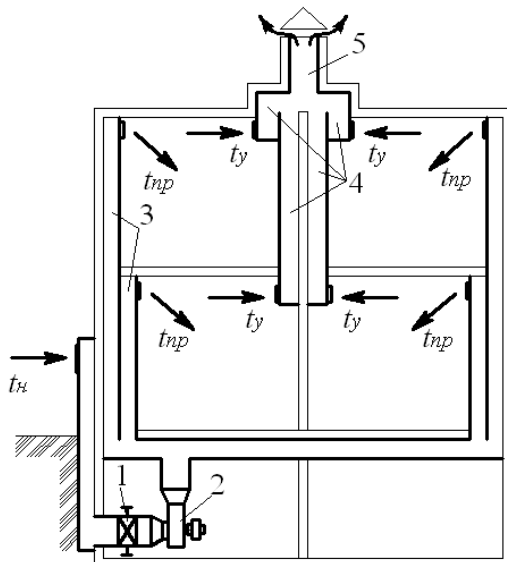


Рис 5.13. Прямоточная система централизованного воздушного отопления:
 1 – калорифер; 2 – вентиляторный агрегат; 3 – каналы для подачи подогретого воздуха; 4 – каналы для удаления воздуха из помещения;
 5 – вытяжная шахта

Отопительным агрегатом называется комплекс стандартных элементов, собираемых воедино на заводе, имеющий определенную воздушную, тепловую и электрическую мощность. Агрегаты изготавливают

для установки непосредственно в отапливаемых помещениях. Они представляют собой компактное, мощное и сравнительно недорогое оборудование. Недостатком агрегатов является шум при действии вентилятора, что ограничивает возможность их применения в рабочее время.

Отопительные агрегаты подразделяются на подвесные и напольные. Подвесной отопительный агрегат представлен на рис. 5.14. Корпус, имеющий воздухозаборное отверстие, соединен с воздухонагревателем (калорифером). Внутри корпуса находится вентилятор с электродвигателем.

Воздух, забираемый из помещения вентилятором, пропускается через калорифер, нагреваемый высокотемпературной водой, и выпускается снова в помещение в нужном направлении через створки воздухораспределителя вихревого типа. Агрегат снабжен кронштейнами для подвески его в помещении.

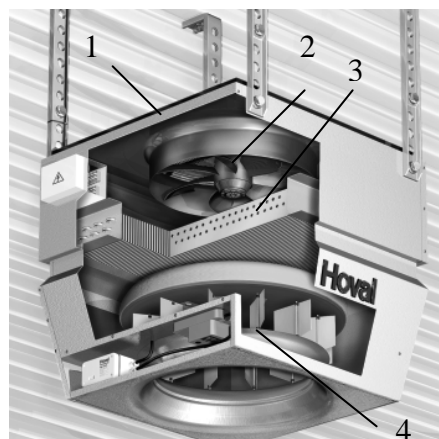


Рис. 5.14. Подвесной воздушно-рециркуляционный отопительный агрегат:
1 – корпус; 2 – вентиляторный агрегат;
3 – калорифер; 4 – воздухораспределитель вихревого типа

Рециркуляционный воздухонагреватель с естественным движением воздуха – это отопительный прибор типа высокого конвектора, обогреваемый теплоносителем – водой. По способу отопления помещения, связанному с интенсивной циркуляцией воздуха при сосредоточенном его нагревании, рециркуляционный воздухонагреватель считают прибором местного водовоздушного отопления.

Рециркуляционные воздухонагреватели по тепловой мощности занимают промежуточное место между обычными отопительными приборами систем водяного и парового отопления и отопительными агрегатами систем воздушного отопления. Применяют их для отопления отдельных помещений, не имеющих постоянных рабочих мест у наружных ограждений и периодически используемых людьми, в первую очередь – для отопления лестничных клеток многоэтажных зданий.

В лестничной клетке, отапливаемой рециркуляционным воздухонагревателем, помещенным близ наружной входной двери (рис. 5.15, а), обес-

печивается более ровная температура воздуха, чем при водяном отоплении приборами, расположенными на нескольких лестничных площадках. Этому способствует усиленное прогревание наружного воздуха, проникающего через открываемую входную дверь.

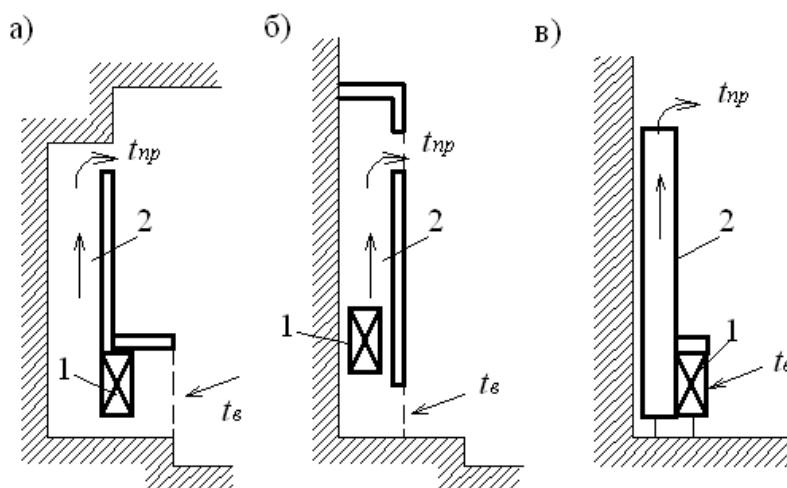


Рис. 5.15. Конструкции рециркуляционных воздушнонагревателей:

а – со встроенным каналом; *б* – приставной с каналом из строительных материалов; *в* – приставной металлический; 1 – нагреватель; 2 – канал горячего воздуха

В общественных и вспомогательных помещениях (в вестибюлях, холлах, торговых залах, складах и т. п.), имеющих значительную площадь при ограниченной высоте и сообщающихся с наружным воздухом, рециркуляционные воздушнонагреватели устанавливают на входе (см. рис. 5.15, б). Они поддерживают равномерную температуру, вовлекая в циркуляцию и нагревая как внутренний, так и холодный наружный воздух, поступающий в помещение.

Рециркуляционные воздушнонагреватели применяют также для отопления помещений, окруженных по периметру постоянно отапливаемой частью здания и охлаждающихся в основном через покрытия (см. рис. 5.15, в). К таким помещениям относятся зрительные залы театров, концертные и другие залы, а также цеха.

Достоинствами рециркуляционных воздушнонагревателей являются:

1) создание сильного восходящего потока нагретого воздуха, вызывающего интенсивную циркуляцию воздуха с выравниванием температуры по площади и высоте помещения;

2) простота устройства и эксплуатации, надежность действия без специального наблюдения;

3) пониженная стоимость (например, для отопления лестничной клетки – в 1,5 раза по сравнению с радиаторным отоплением) и расход металла (в том же примере – почти в 2 раза) на отопительную установку;

4) количественное саморегулирование, характерное для системы отопления с естественной циркуляцией воды [16].

Еще одним видом воздушно-отопительного агрегата является **воздушно-тепловая завеса**, которая устраивается для предотвращения попадания холодного наружного воздуха через открытые двери в общественных зданиях и через двери и ворота в промышленных зданиях (рис. 5.16). В воздушно-тепловых завесах воздух подогревается в калориферах и подается в помещение. Воздух забирается из верхней зоны помещения и выходит из щели или отверстия канала, устраиваемого либо вверху дверей или ворот, либо сбоку. В последнем случае завесы бывают одно- или двухсторонние.

Скорость выпуска воздуха из щели или отверстия у ворот и технологических проемов не должна превышать 25 м/с, у наружных дверей – 8 м/с.

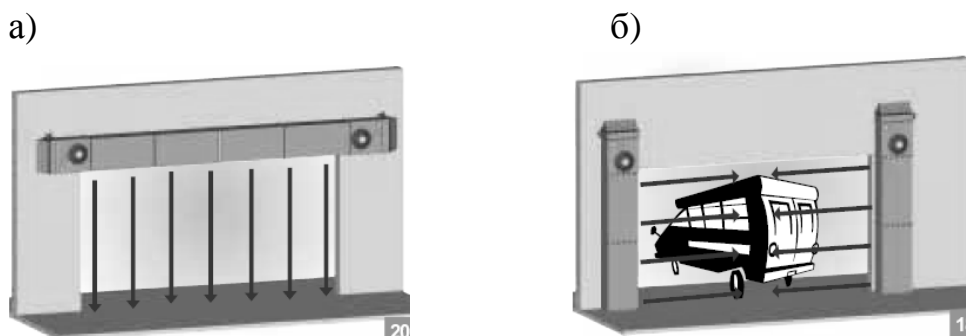


Рис. 5.16. Воздушно-тепловая завеса: горизонтальная (а) и вертикальная (б)

5.9. Местное отопление

Печное отопление относится к местным системам отопления, в которых *получение, перенос и передача теплоты происходят в одном и том же обогреваемом помещении*. Теплота генерируется при сгорании топлива в топливнике печи. Горячие дымовые газы нагревают внутреннюю поверхность каналов – дымооборотов, теплота через стенки каналов передается в отапливаемое помещение. Охладившиеся дымовые газы удаляются через дымовую трубу в атмосферу.

Топливо сжигается в печи периодически, поэтому теплота поступает в помещение неравномерно и в нем наблюдается *нестационарный тепловой режим*. Наибольшая теплоотдача печи приходится на конец топки, ко-

гда температура ее стенок достигает максимума; наименьшая теплоотдача относится ко времени перед началом очередной топки.

Печное отопление имеет распространение и в настоящее время. В нашей стране почти треть жилого фонда (в основном за счет старых домов в сельской местности) оборудована печами. При новом капитальном строительстве печное отопление применяется ограниченно.

Печное отопление допускается в жилых домах, зданиях сельских советов и управлений при числе этажей не более двух (не считая цокольного этажа), в небольших общественных зданиях (например, в общеобразовательных школах при числе мест не более 80), производственных помещениях категорий Г и Д площадью не более 500 м². Печное отопление часто устраивается в садовых домиках.

Отопительные печи *классифицируются* по нескольким признакам:

- *по теплоемкости – теплоемкие и нетеплоемкие;*
- *по схеме движения дымовых газов – канальные* (дымовые газы перемещаются по специальным каналам), *бесканальные* (в них отсутствуют дымообороты) и *скомбинированные* (дымовые газы частично перемещаются по каналам, частично без каналов);

- *в зависимости от температуры нагрева стенок – умеренного прогрева* (температура в отдельных точках на теплоотдающей поверхности не более 90 °С), *повышенного прогрева* (температура в отдельных точках не более 120 °С) и *высокого прогрева* (температура в отдельных точках более 120 °С);

- *по форме в плане – прямоугольные, круглые, треугольные;*
- *по материалу и характеру отделки теплоотдающей поверхности* – кирпичные изразцовые, кирпичные оштукатуренные, кирпичные в металлических футлярах, блочные из жаростойкого бетона, стальные с внутренней футеровкой огнеупорным кирпичом, чугунные без футеровки.

Распространение печного отопления объясняется его *достоинствами*: меньшей стоимостью устройства по сравнению с другими видами отопления, малой затратой металла (только на колосниковую решетку, дверцы, задвижки, иногда на каркас), простотой устройства и обслуживания, независимостью отопления отдельных помещений, одновременным обеспечением вентиляции помещений.

Недостатки печного отопления: пониженный уровень теплового комфорта по сравнению с водяным отоплением (нестационарный тепловой режим, а также переохладение нижней зоны помещения), затруднения при эксплуатации (заботы о топливе, уход за печью, загрязнение помеще-

ния), повышенная пожарная опасность, возможность отравления окисью углерода при неправильном уходе за печью, потеря (до 5 %) рабочей площади помещения.

При устройстве печного отопления не допускаются отвод дымовых газов в вентиляционные каналы, а также установка вентиляционных решеток на дымовых каналах. Следовательно, каналы обеих систем – печного отопления и естественной вытяжной вентиляции – должны быть обособлены во избежание нарушения их действия. Печи в здании размещают так, чтобы одна печь обогревала не более трех помещений, расположенных на одном этаже. В здании с коридорной системой связи помещений печи устанавливают таким образом, чтобы обслуживание осуществлялось из коридоров или подсобных помещений, имеющих окна с форточками и оборудованных естественной вытяжной вентиляцией. В двухэтажных зданиях можно устраивать двухъярусные печи, как обособленные, так и с одной общей топкой на первом этаже.

Под **газовым отоплением** понимают такое, в котором *в качестве теплоносителя* для нагрева подаваемого в помещение воздуха используются *продукты сгорания газообразного топлива*.

Различают следующие *виды газового отопления*:

- газовыми отопительными печами (печь АКХ);
- газовыми нетеплоемкими отопительными приборами без отвода продуктов сгорания в дымоход (газовые конвекторы и камины);
- газовыми горелками инфракрасного излучения.

Газовые приборы инфракрасного излучения применяют для обогрева рабочих мест на открытых и полукрытых строительных площадках или в неотапливаемых помещениях большой высоты.

Преимуществами газового отопления являются:

- высокая теплота сгорания;
- отсутствие твердых продуктов сгорания;
- отсутствие необходимости складов для топлива;
- удобство обслуживания и подключения;
- автоматизация эксплуатации.

К *недостаткам* такого вида отопления относятся:

- повышенная взрыво- и пожароопасность;
- возможность отравления людей из-за утечки газа или продуктов сгорания в помещение.

Электрическое отопление допускается применять при соответствующем технико-экономическом обосновании в лечебно-профилак-

тических учреждениях, в спортивных сооружениях, вокзалах, аэропортах. Этот вид отопления целесообразно применять в теплых районах с непродолжительным отопительным периодом.

Принцип действия электрических отопительных приборов основан на законе Джоуля – Ленца, характеризующем тепловое действие электрического тока.

Электрические отопительные приборы делятся на *две группы*:

- высокотемпературные (температура греющих поверхностей более 70 °С – масляные электрорадиаторы, рефлекторы и электрокамины);
- низкотемпературные (температура отдающей поверхности 25 – 70 °С – низкотемпературные отопительные панели, панельные приборы из токопроводящей резины).

К основным **преимуществам** электрического отопления относятся: хорошая управляемость, высокая степень автоматизации, отсутствие продуктов сгорания и загрязнения атмосферы, высокая транспортабельность электроэнергии, простота монтажа, высокий КПД.

Основные **недостатки** электрического отопления: высокая стоимость электроэнергии, пожароопасность, низкие гигиенические показатели для открытых элементов нагрева.

5.10. Оборудование теплового пункта

При централизованном теплоснабжении тепловой пункт может быть местным – индивидуальным (ИТП) для теплопотребляющих систем конкретного здания и групповым – центральным (ЦТП) для систем группы зданий; ИТП размещается в специальном помещении здания, ЦТП чаще всего представляет собой отдельно стоящее одноэтажное строение. Проектирование тепловых пунктов ведется в соответствии с нормативными правилами.

Для обеспечения теплотой систем отопления и горячего водоснабжения здания оснащаются тепловыми узлами. Существуют две схемы присоединения к тепловым сетям: зависимая и независимая. При подключении по зависимой схеме сетевой теплоноситель непосредственно поступает в систему отопления и горячего водоснабжения. Передача теплоты при подключении по независимой схеме осуществляется через теплообменник.

Основное оборудование теплового узла (рис. 5.17):

- задвижки для отключения при ремонтах или остановке систем;
- грязевик для улавливания примесей в теплоносителе;

- теплосчетчик, манометры и термометры для контроля над параметрами теплоносителя;
- элеватор для понижения температуры воды в зависимой схеме со смешением сетевой воды с обратной (охлажденной) водой местной системы.

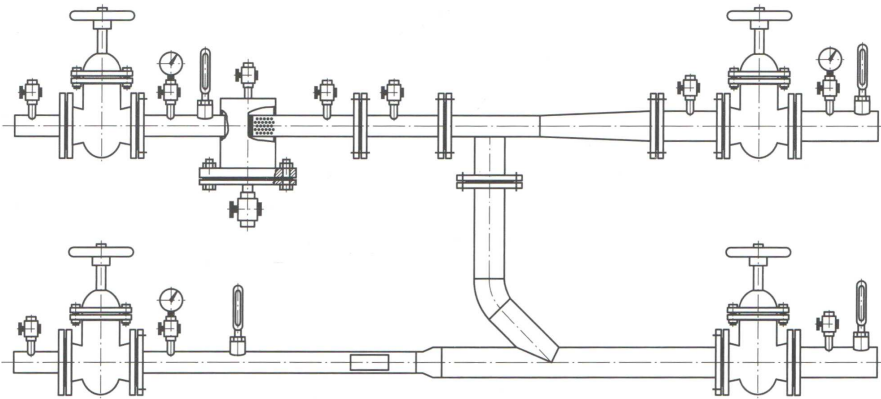


Рис. 5.17. Оборудование теплового узла при зависимой схеме

Роль теплогенератора при независимой схеме присоединения теплопотребляющих систем к наружной тепловой сети выполняет **теплообменник** – устройство, предназначенное для передачи теплоты от одного теплоносителя другому. В качестве теплоносителей в нем могут использоваться пар, горячая вода, дымовые газы и другие тела. По принципу действия и конструктивному оформлению теплообменники подразделяются на рекуперативные, регенеративные и смесительные.

В *рекуперативных теплообменниках* обмен теплотой между теплоносителями происходит способом теплопередачи от греющего теплоносителя к нагреваемому через разделяющую их твердую стенку. Процесс теплообмена в них протекает при стационарном режиме.

В зависимости от взаимного направления движения теплоносителей теплообменники этого типа бывают прямоточные, противоточные и перекрестные (рис. 5.18).

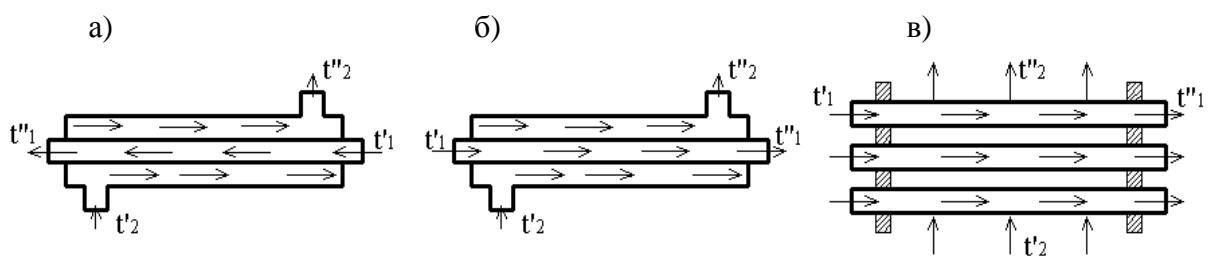


Рис. 5.18. Схема рекуперативных теплообменников:
 а – противоточного; б – прямоточного; в – перекрестного

К числу рекуперативных теплообменников относятся паровые котлы, водонагреватели, приборы систем центрального отопления и др.

В *регенеративных теплообменниках* процесс теплообмена происходит в условиях нестационарного режима. В них поверхность нагрева представляет собой специальную насадку из кирпича, металла или другого материала, которая сначала аккумулирует теплоту, а затем отдает ее нагреваемому теплоносителю. По такому принципу работают, например, отопительные печи.

В *смесительных теплообменниках* процесс теплообмена осуществляется при непосредственном соприкосновении и перемешивании теплоносителей. Примерами такого теплообменника являются башенный охладитель (градирня), предназначенный для охлаждения воды воздухом, контактные водоподогреватели.

Рекуперативные и регенеративные теплообменники являются *поверхностными*, поскольку теплопередача в них связана с поверхностью нагрева или охлаждения, а смесительные – *контактными*.

Тепловые расчеты теплообменников разделяются на проектные и проверочные. Проектные (конструктивные) тепловые расчеты выполняют при проектировании новых аппаратов *для определения необходимой поверхности нагрева*. Проверочные тепловые расчеты выполняют в том случае, если известна поверхность нагрева теплообменника и требуется определить *количество переданной теплоты и конечные температуры теплоносителей*.

ТЕМА 6. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ И ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ

6.1. Водоснабжение

Водоснабжением называют совокупность мероприятий по обеспечению водой различных потребителей (населения, промышленных предприятий, транспорта, сельского хозяйства) в необходимых количествах и требуемого качества.

Системой водоснабжения называют комплекс инженерных сооружений и устройств для получения воды из природных источников, ее очистки, хранения запасов, транспортирования (подачи) различным потребителям в необходимом количестве и требуемого качества.

Системы водоснабжения классифицируют по ряду признаков:

– **по роду обслуживаемых объектов** – городские, поселковые, промышленные, сельскохозяйственные;

– **по назначению** – хозяйственные (для удовлетворения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд населения и предприятий); производственные (для снабжения водой одного или нескольких промышленных предприятий или отдельных цехов); противопожарные (подающие воду для тушения пожара); объединенные (для одновременного удовлетворения различных нужд, например, хозяйственно-противопожарная система – для удовлетворения хозяйственных и противопожарных нужд или производственно-противопожарная система – для удовлетворения противопожарных и производственных нужд);

– **по способу подачи воды** – напорные (вода из источника к потребителю подается насосами) и самотечные (вода из источника к потребителю подается самотеком).

Состав сооружений и схемы водоснабжения бывают разнообразными и зависят от многих факторов и условий: от вида источников и свойств воды в них, от требований потребителей к качеству воды, от рельефа местности, от рода и количества объектов, снабжаемых водой, и др.

На рис. 6.1 изображена общая схема водоснабжения города, пользующегося речной водой. Вода поступает в водозаборные сооружения 1, откуда насосами насосной станции первого подъема 2 подается на очистные сооружения 3. После очистки из резервуаров чистой воды 4 вода забирается насосами насосной станции второго подъема и по водоводам 6 по-

дается в наружную сеть города 8. Водонапорная башня 7 компенсирует несовпадение режимов подачи воды и ее потребления городом в отдельные часы суток, аккумулируя избыток подаваемой воды в одни часы и восполняя ее недостачу в другие. В случае отсутствия водонапорной башни в системе водоснабжения города в часы минимального потребления подача воды в город осуществляется насосами малой производительности, расположенными на станции второго подъема 6.

Водоводы, соединяющие водонапорную башню 7 с городской водопроводной сетью 8, проектируются не менее чем в две нити на случай аварии.

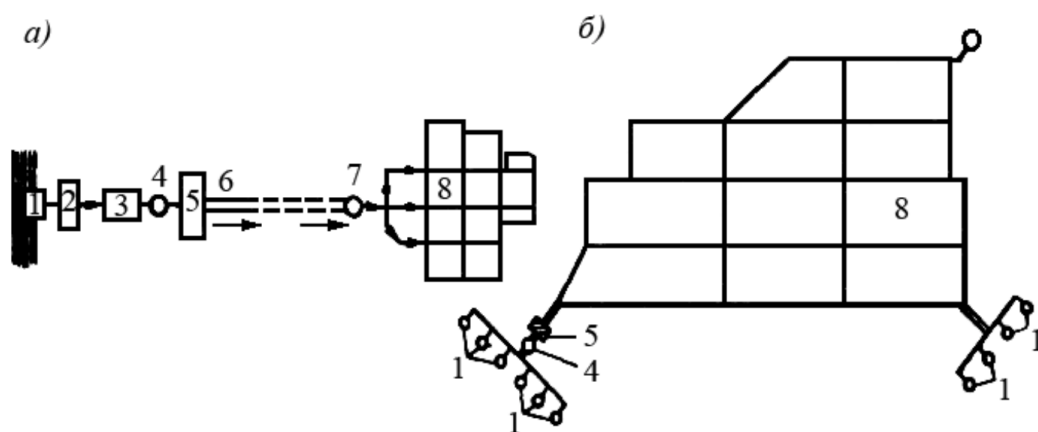


Рис. 6.1. Схема водоснабжения с забором воды из поверхностного источника (а) и с забором воды из подземного источника (б): 1 – сооружения водозаборные; 2 и 5 – сооружения для подъема и перекачки воды; 3 – сооружения очистки воды; 4 – резервуары чистой воды; 6 – водоводы; 7 – водонапорная башня; 8 – водопроводная сеть

Источники водоснабжения могут быть подземные и поверхностные. Может быть составлена следующая классификация **подземных** вод:

- воды зоны аэрации (воды почвенного слоя и верховодка, питаемые, главным образом, атмосферными осадками, неустойчивы в отношении дебита и подвержены загрязнению, потому в водоснабжении их обычно не используют);
- безнапорные грунтовые воды (поверхностные воды рек, озер, морей);
- напорные межпластовые (артезианские) воды.

Грунтовые воды могут служить для хозяйственно-питьевого водоснабжения, но обычно обладают ограниченным дебитом и подвержены загрязнению, поэтому здесь требуется особое внимание к организации зоны санитарной охраны. Для получения безнапорных грунтовых вод обычно применяются шахтные колодцы, каменные, бетонные, железобетонные и деревянные, в которые вода поступает через дно и стенки. Для получения

воды из неглубоко залегающего (5...7 м) слоя небольшой мощности (2...4 м) строят водосборные галереи из труб, бетонных, каменных или керамических, с отверстиями в боковой поверхности, пересекающих грунтовый поток в направлении, перпендикулярном к его сечению. Галерея оканчивается колодцами, из которых (или из одного из них) непосредственно засасывается вода. В дне колода устраивают фильтр из крупнозернистого материала, насыпанного слоями с постепенным увеличением крупности зерен снизу вверх. Такое устройство называется грунтовым водосбором.

Напорные межпластовые (артезианские) воды имеют напорную поверхность, так как протекают в напорных слоях, ограниченных сверху и снизу водонепроницаемыми слоями, имея отдаленную область питания. Такие межпластовые воды находятся под напором и в большинстве случаев удовлетворяют самым строгим санитарным требованиям. Для получения напорных межпластовых вод применяют трубчатые колодцы, устраиваемые путем бурения скважин.

Трубчатый колодец состоит из фильтра, через который вода поступает в скважину, колонны труб, называемых обсадными, и устья.

К **поверхностным** источникам водоснабжения относят реки, озера, водохранилища на реках, морях.

Всякий источник водоснабжения подвержен загрязнению. Река загрязняется по мере застройки ее берегов, появления пляжей, мест водопоя скота, карьеров для выемки песка и др. Грунтовые воды неглубокого залегания загрязняются через почву. Глубокие подземные воды могут загрязняться через соседние бездействующие скважины, вследствие неисправности канализационных трубопроводов и др.

Охрана источника водоснабжения и бассейна его питания от загрязнений требует организации зон санитарной охраны с определением границ этих зон и режима в пределах их территории, что следует рассматривать как часть общей работы по охране водоема. Основным назначением этого мероприятия является предохранение источника от загрязнения и вместе с тем – контроль дебита источника и наблюдение за эксплуатацией водопроводных сооружений.

Зоны санитарной охраны водопровода должны включать зону санитарной охраны источника водоснабжения, в том числе водоподводящего канала, и зоны санитарной охраны площадок водопроводных сооружений и водоводов. Зона санитарной охраны должна состоять: для источников водоснабжения – из первого и второго поясов; для водозаборных сооружений и площадок водопроводных сооружений – из первого пояса; для водоводов – из второго пояса.

На территории первого пояса запрещается проживание людей, выпуск стоков, купание, водопой и выпас скота, стирка белья, рыбная ловля, применение для растений ядохимикатов, органических и некоторых видов минеральных удобрений. Здания, находящиеся на территории первого пояса зоны санитарной охраны, должны быть канализованы. Территория первого пояса должна быть спланирована с организацией отвода поверхностного стока за ее пределы. При расположении в непосредственной близости от границ первого пояса существующих жилых, производственных и других зданий должны быть приняты меры по благоустройству их территории и исключению возможности загрязнения территории зоны. Территория первого пояса должна быть ограждена забором и озеленена. Акваторию первого пояса следует ограждать бакенами. Для территории первого пояса зоны санитарной охраны должны предусматриваться постоянная сторожевая охрана или сторожевая (тревожная) сигнализация.

На территории второго пояса зон санитарной охраны следует контролировать отведение территорий для населенных мест, лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений, промышленных и сельскохозяйственных объектов, а также их благоустройство. Кроме того, в этой зоне предусматривают организованное водоснабжение, канализование, устройство водонепроницаемых выгребов, отвод загрязненных поверхностных сточных вод и др. Во втором поясе запрещается: загрязнение территорий нечистотами, мусором, навозом, промышленными отходами и др.; размещение складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей, шламохранилищ и других объектов, которые могут вызвать химические загрязнения источников водоснабжения; размещение кладбищ, скотомогильников, полей ассенизации, полей фильтрации, земледельческих полей орошения, навозохранилищ, силосных траншей, животноводческих и птицеводческих предприятий, которые могут вызвать микробные загрязнения источников водоснабжения; применение удобрений и ядохимикатов.

Наружная водопроводная сеть является одной из основных частей почти каждого водопровода. Водопроводные сети состоят из магистральных и распределительных линий.

Магистральные трубопроводы служат для транспортирования транзитных масс воды; распределительные – для транспортирования воды из магистралей к отдельным зданиям, в которых потребители получают воду непосредственно из наружных распределительных линий.

По очертаниям в плане водопроводные сети бывают **тупиковые, кольцевые, комбинированные**.

Тупиковая сеть короче кольцевой, наиболее экономична, но не может гарантировать бесперебойной подачи воды, потому что в момент ликвидации аварии на одном участке магистрали все последующие за ним участки вместе с ответвлениями не будут снабжаться водой. Кольцевая и комбинированная сети более надежны в эксплуатации, так как в случае аварии на одной из линий при ее выключении потребители будут снабжаться водой по другой линии.

Для **аккумуляции** воды в часы минимального водопотребления и подачи ее потребителям во время максимального водоразбора под требуемым напором применяют водонапорные башни, пневматические установки и подземные резервуары, которые устанавливают на диктующих (наивысших) точках рельефа местности проектируемого города или поселка. Общий объем емкостей этих сооружений включает также неприкосновенный противопожарный и аварийный объем воды. Объем аккумуляющих резервуаров принимают в зависимости от их назначения, а также с учетом их местоположения в системе водоснабжения.

К **качеству воды** предъявляют требования в зависимости от ее назначения. Требования к качеству питьевой воды нормированы ГОСТом «Вода питьевая». Главнейшим из требований к питьевой воде является отсутствие в ней болезнетворных микроорганизмов, могущих вызвать заболевания человека, – брюшной тиф, паратиф, дизентерию, холеру и др. Недопустимо также присутствие в воде ядовитых соединений (солей тяжелых металлов, мышьяка и т. п.) и избытка солей, вызывающих кишечные расстройства.

Физический анализ воды состоит в определении ее температуры, прозрачности, цветности, привкуса и запаха. Температура питьевой воды желательна от 7 до 12 °С.

Химический анализ воды в основном состоит в определении ее жесткости, активной реакции, окисляемости, наличия азотсодержащих соединений и аммиака.

Бактериологический анализ имеет целью определение общего количества бактерий в воде и выявление среди них видов, вызывающих заболевание человека.

Проблема очистки воды охватывает вопросы физических, химических и биологических ее изменений в процессе обработки с целью сделать ее пригодной для питья, т. е. очистки и улучшения ее природных свойств.

Основными методами очистки воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения являются осветление, обесцвечивание 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 взаимодействуют с мельчайшими коллоидными частицами, находящимися в воде, и образуют агрегаты слипшихся частиц в виде хлопьев, быстро выпадающих в осадок.

Обычно после осветления воды в отстойниках или осветлителях ее фильтруют. Для **фильтрования** воду пропускают через слой мелкозернистого фильтрующего материала, задерживающего содержащиеся в ней частицы мелкой взвеси. В качестве фильтрующего материала применяют кварцевый песок, гравий, дробленый антрацит и другие материалы.

Обеззараживание воды осуществляется с целью уничтожения бактерий, главным образом патогенных. Способами обеззараживания является хлорирование, озонирование и бактерицидное облучение.

В зависимости от свойств воды источника водоснабжения или требований, предъявляемых потребителями к качеству воды, может потребоваться специальная ее обработка – умягчение, обезжелезивание, стабилизация, обессоливание, охлаждение и т. д.

Система водоснабжения промышленного предприятия предназначена для обеспечения его водой для производственных, хозяйственно-питьевых и противопожарных нужд. Особенностью этой системы является необходимость бесперебойной подачи очень большого расхода воды. Исходя из этого, большие требования предъявляют к выбору источника водоснабжения. Он должен быть мощным (иметь большой запас воды), и качество воды должно быть как можно более хорошим (для избавления от дорогостоящего процесса очистки воды).

Водопроводное хозяйство промышленного предприятия представляет комплекс сооружений, включающий насосные установки, очистные сооружения, устройства для обработки и охлаждения воды, запасные и регулирующие емкости, сети промышленного водопровода и др.

На рис. 6.2 приведена схема оборотного водоснабжения промышленного предприятия. Нагретую воду по самотечному трубопроводу 10 подают к насосной станции 2, откуда насосами 7 перекачивают для охлаждения воды (брызгальные бассейны, градирни). Охлажденную воду по самотечному трубопроводу 6 возвращают на насосную станцию 2 и насоса-

ми 8 по напорным трубопроводам 9 направляют в цехи предприятия 1. При обратном водоснабжении часть воды (3 – 5 % общего расхода) теряется. Для восполнения потерь воды в систему подают свежую воду по трубопроводу 5.

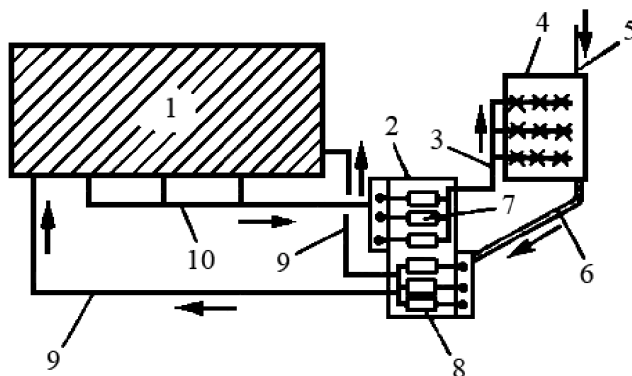


Рис. 6.2. Схема оборотного водоснабжения промышленного предприятия

В ряде случаев подача воды для хозяйственно-питьевых, производственных и противопожарных целей осуществляется единой системой водоснабжения. Однако чаще на промышленных предприятиях приходится устраивать автономно работающие системы производственного и хозяйственно-питьевого водоснабжения. Обычно при этом противопожарные функции выполняют системы хозяйственно-питьевого водопровода.

6.2. Канализация

Под **канализацией** понимается комплекс инженерных сооружений и оборудования, обеспечивающих прием, сбор и отведение сточных вод с территорий населенных пунктов, промышленных предприятий и других объектов, а также их очистку и обезвреживание перед утилизацией или сбросом в водоем.

Сточные воды образуются в результате жизнедеятельности человека (хозяйственно-бытовые сточные воды), на промышленных предприятиях (производственные сточные воды) и собираются с поверхности земли и зданий (атмосферные сточные воды).

Канализация представляет собой комплекс инженерных сооружений и мероприятий, предназначенных для следующих целей:

- а) приемка сточных вод в местах их образования и транспортирование их к очистным сооружениям;
- б) очистка и обеззараживание сточных вод;
- в) утилизация полезных веществ, содержащихся в сточных водах и их осадке;
- г) спуск очищенных вод в водоем.

Канализацию разделяют на внутреннюю (внутри зданий и сооружений) и наружную – внутриквартальную, внутризаводскую, уличную, внеплощадочную.

Строительство канализационных систем городов и промышленных предприятий имеет огромное значение в охране и научно обоснованном рациональном использовании природных ресурсов страны, так как речь идет о здоровье нынешнего и будущих поколений людей.

В зависимости от требований, предъявляемых к очистке поверхностных сточных вод, состава загрязнений производственных сточных вод, климатических условий, рельефа местности и других факторов в населенных пунктах выбирается одна из следующих систем канализации: **общесплавная, раздельная** (полная или неполная), **полураздельная** или **комбинированная**.

Все эти системы условно называют сплавной системой канализации и подразумевают сбор и транспортировку сточной жидкости по закрытым (обычно, подземным) системам, состоящим из труб и каналов.

Для отдельно стоящих зданий при небольшом расходе сточных вод (до 1 м³/сут) допускается устройство выгребов с периодически действующей вывозной системой.

При организации сплавной канализации сточные воды по трубам транспортируют на очистные сооружения, где они подвергаются соответствующей очистке, после чего сбрасываются в ближайшие водоемы или направляются на доочистку и повторное использование в промышленности.

Сплавная система канализации состоит из следующих основных элементов: внутридомовая (или внутрицеховая) канализация, дворовая (внутриквартальная) сеть, уличная сеть, насосные станции, очистные сооружения.

Наружная (уличная) сеть представляет собой систему подземных трубопроводов, принимающих сточные воды от дворовых (внутризаводских, внутриквартальных) сетей и транспортирующих их к насосным станциям, очистным сооружениям и в водоемы.

Канализационные сети города строят преимущественно самотечными. Если сточную жидкость невозможно самотеком отвести на очистные сооружения, устраивают насосные станции перекачки.

Под **общесплавной системой** канализации (рис. 6.3) понимается такая система, при которой все виды сточных вод (хозяйственно-фекальные, производственные и атмосферные) собирают и отводят к очистным сооружениям по единой канализационной сети. Обычно при общесплавной

системе на главном коллекторе могут устраиваться ливнеспуски для выпуска в водоем части воды при сильных ливнях. Устройство ливнеспусков позволяет уменьшить диаметр коллектора и производительность очистных сооружений.

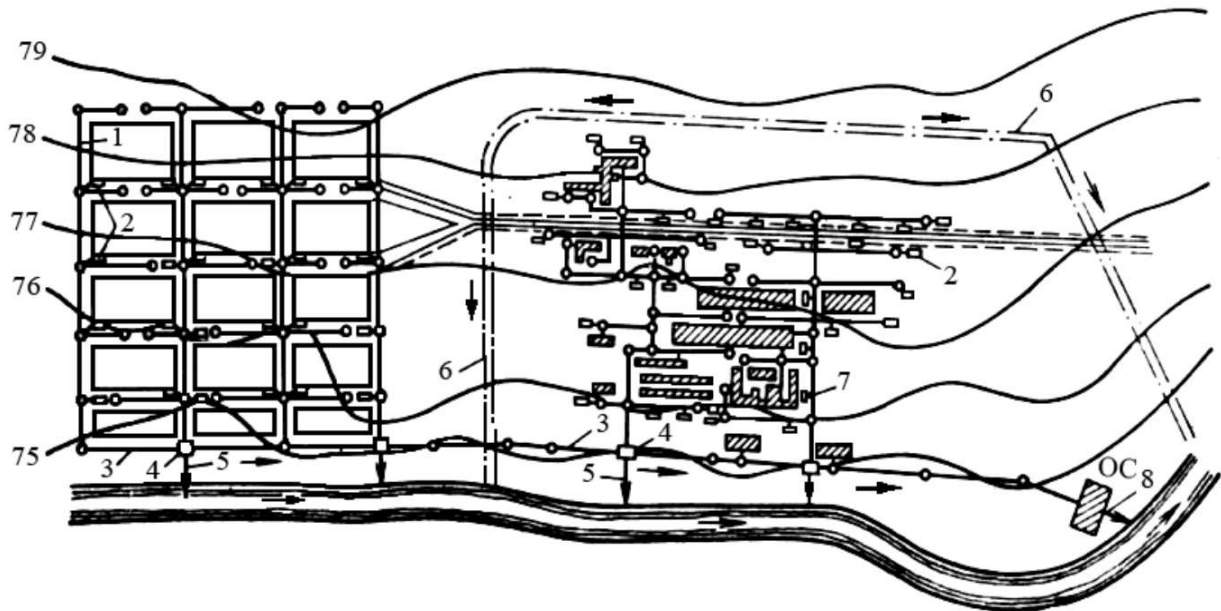


Рис. 6.3. Схема общесплавной системы канализации: 1 – уличная сеть; 2 – дождеприемники; 3 – главный коллектор; 4 – ливнеотвод; 5 – ливнеотвод; 6 – нагорная канава; 7 – заводская сеть; 8 – выпуск; ОС – очистные сооружения

При **раздельной** системе (рис. 6.4) существует не менее двух сетей. Обычно хозяйственно-фекальные воды отводят по одной системе, а атмосферные – по другой. Что касается производственных сточных вод, то, если они могут быть очищены вместе с хозяйственно-фекальными, их сбрасывают в эту систему, если нет – очищают на локальных очистных сооружениях промышленной канализации до определенного содержания загрязнений, с которыми они могут быть приняты в хозяйственно-фекальную канализацию.

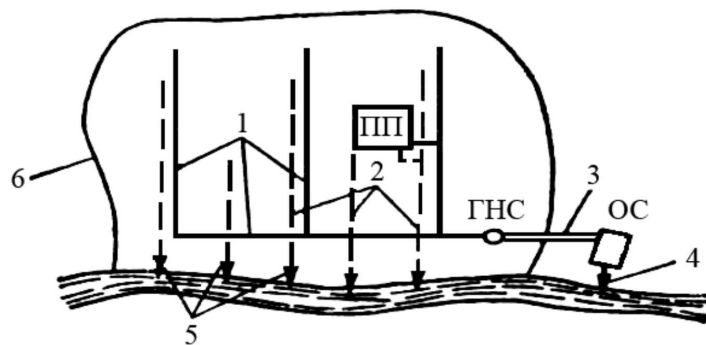


Рис. 6.4. Схемы полной раздельной системы канализации

Полураздельная система (рис. 6.5) предусматривает поступление первых порций наиболее грязных дождевых вод, а также вод от таяния снега на очистные сооружения, а более чистая ливневая вода поступает в ливнепуск. Это достигается установкой в месте пересечения линий специальных колодцев-интерцепторов. С санитарной точки зрения эта система отвода сточных вод наиболее прогрессивная, однако ввиду высокой строительной и эксплуатационной стоимости она пока еще не получила широкого распространения.

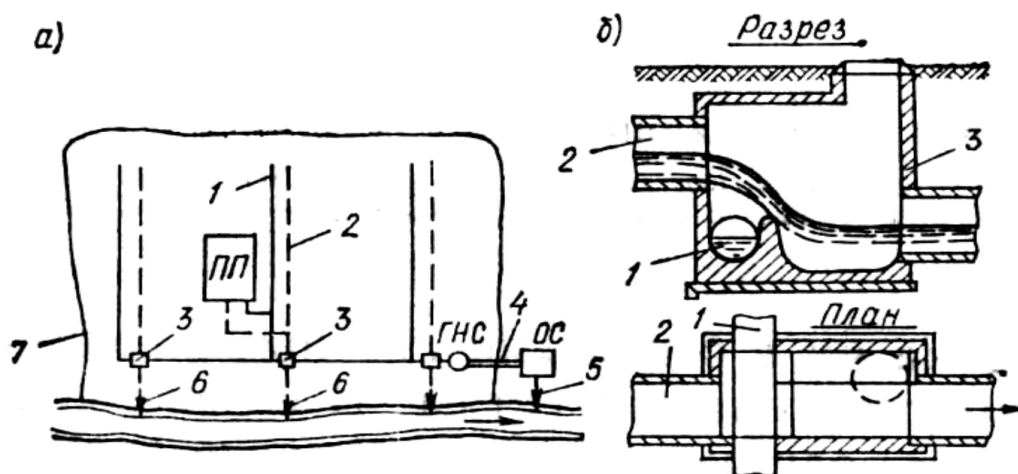


Рис. 6.5. Полураздельная система канализации: а – схема системы; б – водосбросная камера; 1 – бытовая сеть; 2 – производственно-дождевая сеть; 3 – разделительные камеры; 4 – напорные трубопроводы; 5 – выпуск очищенных сточных вод; б – ливнеотводы; 7 – граница города; ГНС – главная насосная станция; ОС – очистные сооружения; ПП – промышленное предприятие

Комбинированная система встречается в тех случаях, когда при расширении городов, имеющих общесплавную систему, строятся новые водосточные коллекторы, а существующие сети общесплавной канализации загружаются только бытовыми и производственными сточными водами. Таким образом, в разных районах города наряду с общесплавной возникают отдельные или неполные отдельные системы канализации. На промышленных предприятиях во внутриплощадочных системах водного хозяйства применяют общесплавные или отдельные системы (в зависимости от степени загрязнения поверхностного стока).

Устройство сети. Для транспортирования сточных вод в безнапорном режиме применяют трубы керамические, бетонные, железобетонные, асбестобетонные и пластмассовые. Диаметр труб – от 150 до 2400 мм. Глубину заложения канализационной сети принимают на основании опыта экс-

плуатации сетей в данном районе. При отсутствии данных по эксплуатации минимальную глубину заложения лотка трубы допускается принимать: для труб диаметром до 500 мм – на 0,3 м; для труб большего диаметра – на 0,5 м менее максимальной глубины проникания в грунт нулевой температуры (глубины промерзания грунта) для данного района. Во всех случаях расстояние от поверхности земли до верха трубы должно быть не менее 0,7 м. Трубопроводы, укладываемые на глубину 0,7 м и менее, считая от верха трубы, должны быть предохранены от промерзания и повреждения наземным транспортом.

Наружную канализационную сеть проектируют в основном самотечной, поэтому присоединения и повороты на канализационной сети, изменения уклонов труб, переходы с одного диаметра на другой производят в смотровых колодцах. Радиус кривой поворота лотка в колодце принимается равным диаметру труб.

Вентиляция канализационных сетей производится через вытяжные стояки внутридомовых систем канализации и через неплотности в люках канализационных колодцев.

Для перехода трубопровода через реку, овраг, суходол, канал или какое-либо другое одностипное заглубленное препятствие применяют дюкеры.

Прокладку трубопроводов через железные и автомобильные дороги, а также магистральные городские проезды предусматривают в футлярах (кожухах) или в тоннелях.

Дождеприемники предназначены для сбора и отведения поверхностного стока с территорий городов и поселков. Дождеприемник представляет собой канализационный колодец с решеткой из чугуна в верхней части и лотком, переходящим в отводную трубу, в нижней части.

Насосные канализационные станции устраивают при необходимости подать сточную жидкость по напорному трубопроводу в тех случаях, когда не удастся ее отвод самотеком.

Канализационную сеть рассчитывают на частичное наполнение труб. Самотечный режим с частичным наполнением позволяет создать некоторый резерв в сечении труб для пропуска расхода, превышающего расчетный, и лучшие условия для транспортирования взвешенных загрязнений, обеспечить надежную вентиляцию сети для удаления выделяющихся вредных и опасных газов.

Степень наполнения труб характеризуется отношением H/D , где D – диаметр трубы, H – высота расчетного слоя воды в трубе.

Под **очисткой сточных вод** подразумевается их обработка различными методами с целью разрушения или извлечения содержащихся в них

минеральных и органических веществ до степени, позволяющей сбрасывать эти воды в водоемы и водотоки или повторно использовать их для производственных и других целей. К очистке воды относится также ее обезвреживание и обеззараживание, удаление вредных для человека, животных или растений веществ и устранение из воды болезнетворных микроорганизмов и вирусов.

Методы и степень очистки сточных вод определяются в зависимости от местных условий с учетом возможного использования очищенных сточных вод для промышленных или сельскохозяйственных нужд. При этом в первую очередь необходимая степень очистки определяется в зависимости от типа и состояния водоема, в который будут сбрасываться очищенные сточные воды.

Для того чтобы правильно определить необходимую степень очистки сточных вод, надо иметь подробные данные об их объеме и составе, а также данные детальных обследований водоема, позволяющие характеризовать местные гидрологические и санитарные условия.

В настоящее время существуют механический, биологический и физико-химический методы очистки сточных вод.

В результате **механической** очистки из сточных вод удаляются загрязнения, находящиеся в ней, в основном в нерастворенном и, частично, коллоидном состоянии. Наиболее распространенными устройствами для механической очистки являются решетки (для улавливания крупных загрязнений), песколовки (для задержания нерастворенных минеральных примесей) и отстойники (для очистки сточных вод от взвешенных веществ). Эти сооружения чаще всего применяют на городских очистных сооружениях. Остальные сооружения (жироловки, нефтеловушки и пр.) применяются в основном при очистке производственных сточных вод, а также некоторых видов сточных вод общественных зданий (предприятий общественного питания, гаражей).

Биологические методы очистки основаны на использовании жизнедеятельности микроорганизмов, которые способствуют минерализации органических веществ, оставшихся в сточной воде после механической очистки в виде тонких суспензий, коллоидов и в растворе и являющихся для этих микроорганизмов источником питания. Микроорганизмы, для жизнедеятельности которых необходим кислород, называются аэробными, а процесс биохимического окисления с их помощью – аэробным. В результате аэробных биохимических процессов органическая часть загрязнений минерализуется. В итоге полной биологической очистки получается незагнивающая жидкость.

Биологическую очистку ведут либо в условиях, близких к естественным, либо в искусственно созданных условиях. В первом случае естественную биологическую очистку производят на полях орошения, полях фильтрации или в биологических прудах. Во втором случае искусственная биологическая очистка производится на таких сооружениях, как биологические фильтры и аэротенки.

Сточные воды, отводимые с территорий промышленных предприятий, подразделяют на три вида: производственные, бытовые и поверхностный сток.

Производственные сточные воды (получаются в результате производства продукции) по своему составу и количеству весьма различны и специфичны для каждой отрасли промышленности.

Бытовые сточные воды промышленных предприятий поступают от туалетов, умывальников, душей, предприятий общественного питания и здравпунктов, расположенных на территории промышленных предприятий.

Поверхностный сток, образующийся в результате выпадения атмосферных осадков и полива территории, на ряде предприятий может быть сильно загрязнен продуктами производства, и тогда возникает необходимость его очистки наравне с производственными сточными водами.

Внутривозводские сооружения канализации представляют собой сложные системы.

В зависимости от типа отдельных производств часто бывает целесообразно очищать сточные воды одного или нескольких цехов и только после этого направлять частично очищенные сточные воды в общезаводскую систему производственной канализации. Общезаводские канализационные сооружения делают в тех случаях, когда по своему составу сточные воды не могут быть приняты в городскую канализацию и не подлежат выпуску в водоем. Вопрос о бытовых водах и необходимости очистки поверхностного стока решается в каждом отдельном случае самостоятельно в зависимости от местных условий.

Для очистки производственных сточных вод применяют в зависимости от состава их загрязнений методы механической, физико-химической, химической и биологической очистки.

В зданиях животноводческих и птицеводческих комплексов предусматривают устройство канализации для отведения: навозных стоков; производственных сточных вод от мытья животных, уборки помещений и доильных площадок, мойки оборудования и посуды, от проточных поилок в птичниках; хозяйственно-бытовых сточных вод от санитарных приборов; атмосферных вод (поверхностный сток).

ТЕМА 7. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ. МУСОРОУДАЛЕНИЕ. ЛИФТЫ

7.1. Санитарно-технические приборы

Санитарно-технические приборы относят к группе изделий, в которых функция определяет форму и конструкцию.

Размещение оборудования в санитарном узле и его габариты обусловлены функциональными процессами, правильным взаиморасположением функциональных зон, набором устанавливаемого оборудования, принятым инженерным и конструктивным решением, расположением проемов и способом их открывания.

При определении габаритов помещения необходимо помнить, что приборы размещают и эксплуатируют таким образом, что пользование ими требует основного и дополнительного пространства.

В практике строительства определились четыре основных варианта расположения в квартире санитарного узла и кухни:

1. Санузел и кухня, расположенные в смежных помещениях, отнесены в глубину квартиры и сообщаются с входом и комнатами через коридор.

2. Санузел и кухня, расположенные в смежных помещениях, находятся около входа в квартиру. Этот наиболее распространенный вариант планировки позволяет несколько увеличить жилую площадь за счет уменьшения коридора.

3. Ванная комната размещается в центре квартиры, а уборная – у входа, рядом с кухней. При такой планировке создаются условия для трансформации квартиры путем перемещения шкафных и раздвижных перегородок.

4. Санузел расположен рядом со спальными комнатами, а кухня – ближе к столовой.

Кроме этих основных вариантов размещения санитарного узла в квартире в практике встречаются и другие решения, зависящие от специфики проектируемого дома (галерейные, коридорные дома и т. п.).

К санитарно-техническим приборам предъявляют следующие общие требования:

1) материалы, из которых изготавливают санитарно-технические приборы, должны быть достаточно гигиеничными, гладкими и допускающими легкую и эффективную их чистку, должны выдерживать температуру до 90 °С и быть коррозионно устойчивыми;

2) форма санитарно-технических приборов должна исключать образование отдельных пазух и полостей, в которых возможно скопление загрязнений;

3) размеры санитарно-технических приборов должны приниматься минимальными, однако без ущерба для функционального использования, и дающими возможность экономно расходовать полезную площадь санитарно-технических узлов.

Унитазы изготавливают, как правило, из фаянса или полуфарфора и подразделяют:

- по конструкции чаши – на тарельчатые и воронкообразные;
- по способу установки – на напольные и консольные (прикрепленные к стене);
- по типу отвода – с косым выпуском (под углом 30° к горизонту), присоединяемым к канализационному отводному трубопроводу над перекрытием, и с вертикальным выпуском, присоединяемым к канализационному трубопроводу в пределах перекрытия или ниже его.

Писсуары устанавливают в мужских общественных уборных вместе с унитазами в общем помещении. Писсуары применяют двух видов – настенные и напольные – и изготавливают из фаянса или полуфарфора.

Умывальники изготавливают из фаянса или полуфарфора и по конструкции разделяют на умывальники со спинкой, предназначенные для установки на стенах, не имеющих влагоупорного покрытия, и на умывальники без спинки, устанавливаемые на стенах и перегородках, имеющих стойкое влагоупорное покрытие. По формам бортов умывальники бывают прямоугольные, полукруглые и вогнутые спереди.

Ванны подразделяют на лежачие, сидячие и полуванны (глубокие душевые поддоны). Для удобства сопряжения со стенами ванны изготавливают прямобортные. Наибольшее распространение получили чугунные эмалированные ванны.

Души по своей конструкции делят на стационарные при установке душевой сетки на жестко закрепленной душевой трубе и с гибким резиновым шлангом в металлической оплетке, что позволяет очень легко и удобно использовать душевую сетку.

Раковины применяют в кухнях жилых зданий, а также в ряде подсобных помещений (мусорокамеры и т. д.). Раковины изготавливают прямоугольной и полукруглой формы, штампованные из стали и с покрытием эмалью или чугунные эмалированные.

Мойки применяют в кухнях современных жилых квартир, предназначенных для посемейного заселения. Для изготовления моек используют чугун, сталь, пластмассу и нержавеющей сталь. Наиболее современной конструкцией мойки следует считать блок мойка-раковина с дренажным столом, выполненный в одно целое из нержавеющей стали.

Трубы для внутренних сетей зданий применяют стальные, чугунные, пластмассовые, а в некоторых случаях – стеклянные и асбестоцементные. Выбор материала трубопроводов определяется как соображениями экономики, так и эксплуатационными напорами в сети.

Трубы для внутренних канализационных сетей зданий применяют чугунные, стальные, пластмассовые, асбестоцементные, керамические и бетонные. Чугунные раструбные трубы имеют наибольшее распространение для сетей внутренней канализации. Для соединения чугунных труб и присоединения приборов применяют чугунные раструбные фасонные части. Раструбы труб заделывают просмоленной пеньковой прядью и асбестоцементом или цементом.

Для систем внутренней канализации применяют трубы из полиэтилена и винипласта, при этом трубы из полиэтилена используют для сетей внутренней бытовой производственной канализации и водостоков, а трубы из винипласта – для сетей бытовой и производственной самотечной канализации.

7.2. Водоснабжение зданий

Системой водоснабжения зданий (внутренним водопроводом) называют совокупность трубопроводов и оборудования, которые подают воду из наружного водопровода к местам ее использования в здании. Системы водоснабжения зданий могут питаться водой от центральных или районных систем наружного водопровода, а также от местных источников водоснабжения.

Водопроводы зданий в общем случае состоят из следующих основных элементов (рис. 7.1): ввода (или нескольких вводов); водомерного узла 5; распределительных магистралей 3; стояков 1 и подводок; водоразборной 9 и регулирующей 2 арматуры; устройств для создания напора (насосов 6, пневмоустройств, баков 8); устройств для тушения пожаров, поливки и др.

Схема системы водоснабжения здания зависит от величины свободного напора в наружной сети у ввода ($H_{св}$) и назначения здания.

Водопроводные сети здания по конфигурации могут быть тупиковыми, кольцевыми, комбинированными и зонированными.

Тупиковые сети обычно применяют в жилых, общественных, а иногда и в промышленных зданиях, где в случае аварии допускается перерыв в подаче воды.

Кольцевые сети устраивают в зданиях, где даже временное прекращение подачи воды недопустимо или при противопожарных водопроводах с числом пожарных кранов более 12. Кольцевые сети для повышения надежности должны иметь два ввода или более.

Комбинированные сети, т. е. сети, имеющие и кольцевые, и тупиковые участки магистральных трубопроводов, применяют в крупных зданиях, потребляющих большое количество воды устройствами и установками с большой рассредоточенностью (например, прачечные, бани, промышленные предприятия и др.).

Зонированная система водоснабжения представляет собой несколько самостоятельных систем, делящих здание по высоте на отдельные зоны.

В зависимости от места расположения магистральных трубопроводов системы водоснабжения могут быть с нижней и верхней разводкой. При нижней разводке магистральные трубопроводы прокладывают в подвале, подполье или под полом первого этажа. Это наиболее распространенная схема. Схема с верхней разводкой, когда магистральные трубопроводы прокладывают на чердаке или под потолком верхнего этажа, применяют обычно в промышленных или производственно-коммунальных зданиях (прачечные, бани и др.), или в жилых зданиях при зонной схеме водоснабжения.

Вводы в здания служат для соединения наружной водопроводной сети с внутренней. После ввода в здание обязательно устраивается водомерный узел, укомплектованный прибором учета расхода воды и обводной линией с запорной арматурой.

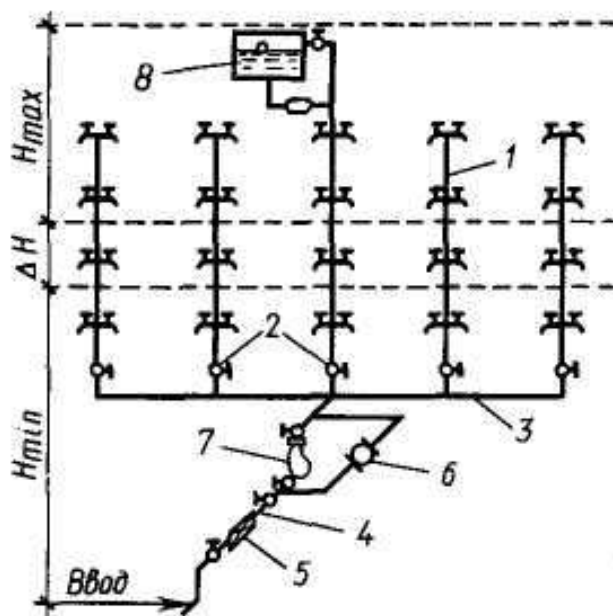


Рис. 7.1. Схема системы водоснабжения здания

7.3. Канализация зданий

Система внутренней канализации состоит из следующих основных элементов:

- приемников сточной жидкости (умывальники, раковины, унитазы, писсуары, трапы) с встроенными или отдельными гидравлическими затворами-сифонами;
- сети труб внутри зданий и выпусков из здания с устройствами для осмотра и прочистки трубопроводов;
- установок для местной обработки сточных вод (песколовки, жируловители, грязеотстойники, бензиноуловители, разбавители, нейтрализаторы), если они требуются в зависимости от состава сточной жидкости.

Трубопроводы внутренней канализации, так же как и наружной канализации, проектируют, как правило, самотечными и подразделяют:

- на этажные отводные трубы, по которым сточные воды от санитарных приборов поступают в стояк;
- на стояки, проходящие по всем этажам здания;
- на выпуски, по которым сточные воды здания поступают в колодцы дворовой сети, отводящей сточные воды в уличную сеть.

Отводные трубы (чугунные или пластмассовые) прокладываются по стенам, над полом или под потолком нижнего этажа, образуя так называемые подвесные линии. Устройство подвесных линий нежелательно и совершенно недопустимо в жилых помещениях, в помещениях общественного пользования, над кухонными плитами, в продуктовых и подсобных помещениях, над производственными агрегатами, где попадание влаги может вызвать порчу продукции.

Прокладку отводных труб в междуэтажных перекрытиях, вызывающую затруднения при ремонте, следует заменять прокладкой в бороздах и нишах стен или в монтажных шахтах и коридорах. Пересечение трубопроводами вентиляционных каналов не допускается.

Стояки размещают в зависимости от расположения санитарных приборов. При разработке архитектурной части проекта здания группы санитарных приборов должны быть расположены по этажам по возможности по вертикали в целях уменьшения числа стояков и длин отводных линий от приборов. Стояки устанавливают как открыто, так и скрыто в бороздах, а также в монтажных шахтах. Диаметр стояка должен быть не менее наибольшего диаметра примыкающих к нему отводных труб. Минимальный диаметр стояка 50 мм. Трубы для стояков применяют чугунные раструбные или пластмассовые.

Стояки могут быть вентилируемыми и невентилируемыми (рис. 7.2). У вентилируемых стояков верхняя часть выводится выше крыши и служит для вентиляции. Стояки, выведенные выше крыши, должны отстоять от открываемых окон не менее чем на 4 м. При эксплуатируемых плоских крышах необходимо объединять стояки, выводя вытяжные трубы на высоту не менее 3 м с соответствующим их декорированием. Диаметр сборного трубопровода вытяжной трубы принимают не менее 100 мм при общем числе приборов до 300.

В зданиях, где невозможна или нежелательна установка вытяжных частей (террасные здания, храмы и т. д.), допускается устройство сборного трубопровода при объединении не менее трех стояков.

Стояки в жилых зданиях располагают обычно позади унитаза в санитарном узле. При размещении кухни в отдалении от санузла следует устраивать отдельный стояк для кухонных моек.

Выпуски прокладывают из чугунных труб под полом или под потолком подвалов с необходимым уклоном. При отсутствии подвалов выпуски прокладывают в земле под нежилым помещением.

Дворовая канализационная сеть объединяет все выпуски из зданий. По ней сточную жидкость отводят во внешнюю канализационную сеть.

Ливневая канализация зданий. Основным назначением крыш является защита зданий от атмосферных воздействий и, прежде всего, от атмосферной влаги. От правильной работы системы водоотвода с крыш в первую очередь зависит надежность и долговечность здания.

Существует целый ряд конструктивных решений крыш, преследующих одну цель: своевременно удалить атмосферные осадки с крыш и не

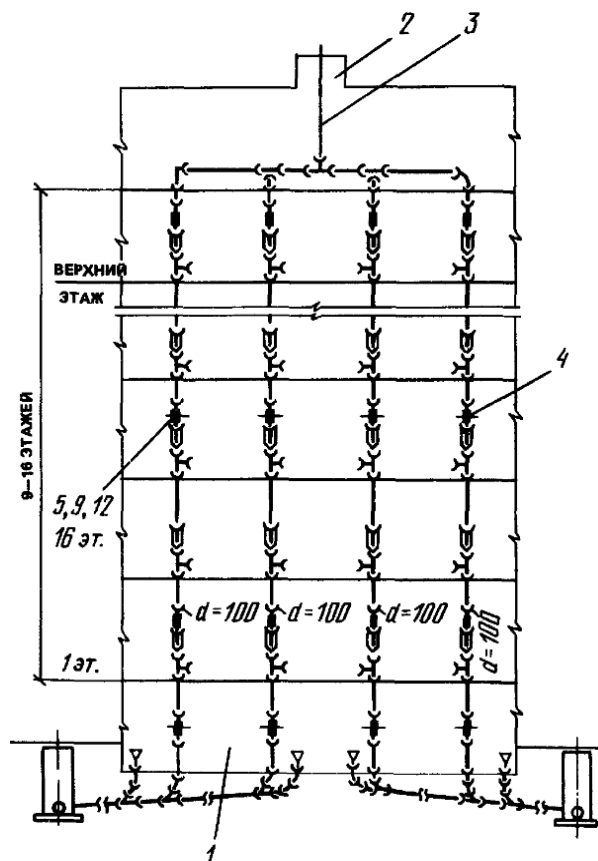


Рис. 7.2. Схема объединения вентиляционных канализационных стояков в жилом здании: 1 – техническое подполье (подвальный этаж); 2 – вентиляционная шахта теплого чердака; 3 – общий вытяжной стояк; 4 – этажестояки в санитарно-технических кабинетах

допустить увлажнения строительных конструкций зданий. Все эти конструктивные решения в значительной степени влияют на конструкцию кровли и на весь архитектурный облик зданий и сооружений.

Наружные неорганизованные водостоки являются наиболее простыми с конструктивной точки зрения, когда все атмосферные воды, попадающие на крышу здания, стекают в направлении уклона и свободно удаляются по всему периметру крыши. Если сброс воды по всему периметру нежелателен, то крыше можно придать уклон на две стороны или выполнить ее односкатной.

Наружные неорганизованные водостоки при всей их простоте не получили широкого распространения в силу целого ряда присущих им недостатков. Так, при дожде с ветром вода, стекающая с наветренной стороны, задувается ветром на фасад здания и вызывает его увлажнение. Кроме того, потоки воды, стекающие с крыши и попадающие на отмостку у здания, интенсивно разбрызгиваются и вызывают увлажнение цоколя, разрушение отмосток и насыщение влагой грунта около фундаментов. Поэтому применение этой системы водостоков в районах, имеющих просадочные грунты, недопустимо при отсутствии устройств, отводящих воду от фундаментов. В климатических районах, где имеют место отрицательные температуры наружного воздуха, в местах стока по периметру образуются наледи, разрушающие карнизные свесы и делающие небезопасным пребывание под ними людей.

Поэтому наружные неорганизованные водостоки целесообразно применять в зданиях высотой не более трех этажей при размере карнизных выносов не менее 0,5...0,8 м и устройстве западающих цоколей и защитных козырьков над входами. При разработке проекта планировки участка желательно предусматривать мероприятия, исключающие возможность нахождения людей под карнизными свесами.

Одной из разновидностей неорганизованных водостоков является отвод воды с плоских крыш с нулевым уклоном. При отсутствии ветра работа этих водостоков почти ничем не отличается от работы предыдущей системы водостоков, а при дожде с ветром вода с крыши сдувается на подветренную сторону и, следовательно, не увлажняет фасад здания. Теоретически работа такой схемы водостоков выглядит превосходно, практически же оказывается, что получить крышу с идеальным нулевым уклоном невозможно, так как рельеф кровли зависит не только от величины строительных допусков, которые в какой-то мере можно свести к минимуму, но и от просадки фундамента здания, величина которой зависит от характера

грунта, степени его увлажнения, величины и характера нагрузки, конструкции фундамента и т. д. Кроме того, строительные конструкции, особенно большепролетные, не являются абсолютно жесткими. Все это не позволяет достаточно точно определить изменения отметок крыши во времени, а следовательно, и сам способ отвода воды с крыши с нулевым уклоном вызывает серьезные возражения.

Наружные организованные водостоки являются шагом вперед и могут выполняться с подвесными водосточными воронками, заделанными в конструкцию крыши, и с воронками, установленными в надкарнизных лотках.

Эта система водостоков позволяет избежать увлажнения фасадов водой, удаляемой с крыши, и дает возможность сравнительно просто при помощи лотков отвести воду от фундамента здания.

Для районов, не имеющих периодов с устойчивой отрицательной температурой, наружные организованные водостоки можно считать приемлемыми, особенно, если трубопроводы этих систем выполнять из материалов, устойчивых к коррозии, отказавшись от их традиционного выполнения из листовой оцинкованной стали. В районах, имеющих периоды с устойчивой отрицательной температурой, устройство наружных организованных водостоков вообще не может быть рекомендовано из-за значительной закупорки водосточных воронок наледями.

Внутренние водостоки не обладают указанными недостатками, у них водосточные воронки заделывают в конструкцию крыши, а отводящие трубопроводы прокладывают внутри здания. В зависимости от ширины здания и конструктивной возможности придать уклон крыше к воронкам эта система водостоков может выполняться либо с одной воронкой на стояке, либо с несколькими воронками, объединяемыми общей сборной подвесной линией. Выпуск воды из внутреннего трубопровода устраивают открытым на отмокку в лотки или кюветы. При расположении здания в климатической зоне, имеющей расчетную температуру наружного воздуха ниже $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, на открытом выпуске воды из системы внутренних водостоков необходимо установить гидравлический затвор, который будет препятствовать засасыванию в выпуск холодного наружного воздуха, что может привести к замерзанию в нем воды.

И, наконец, существует способ удаления атмосферных осадков с крыш зданий исключительно при помощи испарения, для чего крышу выполняют в виде ванны без водостоков, что особенно перспективно для районов, не страдающих от избытка влаги.

Из всех перечисленных типов водостоков, предназначенных для отведения осадков с плоских и пологих крыш, наиболее совершенными являются внутренние.

7.4. Водоснабжение фонтанов и бассейнов

Конструкция бассейна представляет собой целый комплекс, который включает в себя сооружения и устройства, а также вспомогательные помещения и площади. В табл. 7.1 представлена классификация бассейнов.

Таблица 7.1

Классификация бассейнов

По их принадлежности	1) общественные 2) ведомственные 3) частные
По своему назначению	1) демонстрационные 2) спортивные 3) оздоровительные 4) лечебные 5) комбинированные
По строительным и конструктивным характеристикам	1) прямоугольные, круглые, произвольной формы (по форме) 2) на опорах, с частичным опиранием на грунт, с полным опиранием на грунт (по конструкции) 3) сборные и стационарные 4) крытые и открытые

Классификация бассейнов по санитарно-техническому устройству зависит:

- 1) от систем водоснабжения;
- 2) от водного режима;
- 3) от теплотехнического режима.

Системы водоснабжения бассейна в доме могут быть двух видов – от водопровода или из природного источника.

Водный режим бассейна может обеспечиваться следующими системами: проточной, оборотной (рециркуляционный обмен) или наливной системы с периодической сменой воды. Рециркуляционный обмен – самый прогрессивный и популярный, в таком бассейне вода проходит очистку и возвращается обратно, ее можно не менять от двух лет и более.

Теплотехнический режим подразумевает подачу воды в бассейн либо с подогревом, либо без него.

В бассейнах может быть установлено различное технологическое оборудование (для подготовки и подачи воды, транспортировки и распределения и т. п.), а также дополнительное оборудование (водопады, противотоки, гейзеры, подсветка, лестницы, поручни и т. д.).

Закрытые бассейны располагаются внутри здания и используются круглогодично. Такие бассейны не загрязняются пылью и растительным мусором. При установке закрытого бассейна необходимо будет принять ряд мер для борьбы с повышенной влажностью в помещении. В отделке нужно использовать подходящие для таких помещений материалы, обеспечить хорошую вентиляцию, возможно, установить осушители воздуха. Закрытые бассейны могут быть устроены не только в самом здании, но и в арочных конструкциях, сделанных из алюминиевого профиля и поликарбонатных плит (павильонах). Теплоизоляционные свойства таких павильонов для бассейнов достаточно высокие и позволяют значительно продлить купальный сезон.

Открытый бассейн используется только в теплое время года, он потребует определенных финансовых затрат и времени в процессе эксплуатации. Его чаще нужно чистить, используя большее количество средств очистки; большая нагрузка на оборудование также потребует более частого его обслуживания. Консервация на зиму и реконсервация весной – процесс достаточно трудоемкий.

Чаша бассейна – его основная часть – может быть бетонной, сборной или цельнолитой. Строительство бетонных бассейнов достаточно трудоемко и требует определенных навыков и затрат. Стенки сборных бассейнов часто изготавливаются из стали с нанесением многослойного защитного покрытия, которое предохраняет поверхность от коррозии. Композитные бассейны изготавливают из стекловолокна на полимерном связующем – материала современного и не очень дорогого. Такие бассейны производят как стандартной круглой и прямоугольной формы, так и сложной геометрии.

Современные плавательные бассейны оборудуются тремя системами водоснабжения: внутренним водопроводом для удовлетворения хозяйственных, питьевых и бытовых нужд бассейна; противопожарным; технологическим, обеспечивающим снабжение чаши бассейна очищенной и обеззараженной водой. Что касается технологического водопровода, то он обслуживает только чаши бассейна и к его устройству предъявляются специальные требования. Часто все три системы водоснабжения используют воду хозяйственно-питьевого водопровода населенного пункта или подзем-

ного источника, которая поступает по вводу в объединенный водомерный узел, качество воды в котором отвечает требованиям, предъявляемым к питьевой воде.

В зависимости от типа и назначения бассейнов, а также местных условий, т. е. наличия или отсутствия наружной сети канализации и водостока населенного пункта для сбора и отведения бытовых и технологических сточных вод, различают следующие системы внутренней канализации:

1) с отводом сточных вод в наружные сети населенного пункта – объединенные и отдельные;

2) с очисткой сточных вод местными установками – отдельные.

Загрязненные воды собираются от душевых установок и санитарных приборов бытовых помещений бассейна, в результате мытья полов, чистки и дезинфекции обходных дорожек и ножных ванн. При проектировании внутренней канализации в первую очередь решается вопрос, будут ли сточные воды сброшены в сеть населенного пункта или направлены на локальные (местные) очистные сооружения. При наличии наружных сетей канализации населенного пункта целесообразно проектировать объединенную внутреннюю канализационную сеть бассейна с отведением всех сточных вод в сеть населенного пункта.

Сточные воды от туалетов, ножных ванн и обмывочных душей, мытья полов отводят в систему бытовой канализации.

Виды фонтанов. Прежде всего, все декоративные фонтаны следует распределить на две группы:

1) фонтаны для помещений;

2) фонтаны уличные.

Фонтаны для помещений

В эту группу входит широкое многообразие фонтанов, предназначенных для использования в закрытых помещениях. Эти функциональные и декоративные устройства легко украсят интерьер любой комнаты. Их ассортиментное богатство достигается использованием всевозможных форм, материалов и фонтанных насосов различной мощности.

В помещениях используются настольные, настенные, потолочные фонтаны.

Уличные фонтаны могут быть различны по дизайну. Их изготавливают из натурального камня, пластика и даже фарфора. Для улучшения внешнего вида обыкновенного фонтана используется особая подсветка или шумовые эффекты.

Способы водоснабжения бывают различными (рис. 7.3):

- от городского водопровода со сбросом воды в сеть водостока;
- из различных источников с помощью насоса со сбросом в водосточную систему;
- с помощью насоса из резервуара для воды или другого источника со сбросом в эту же емкость (рециркуляция воды);
- с помощью насоса из водоема, в котором расположен фонтан, со сбросом воды в него же;
- из местного источника, расположенного выше форсунки, с прямым сбросом в водоем.

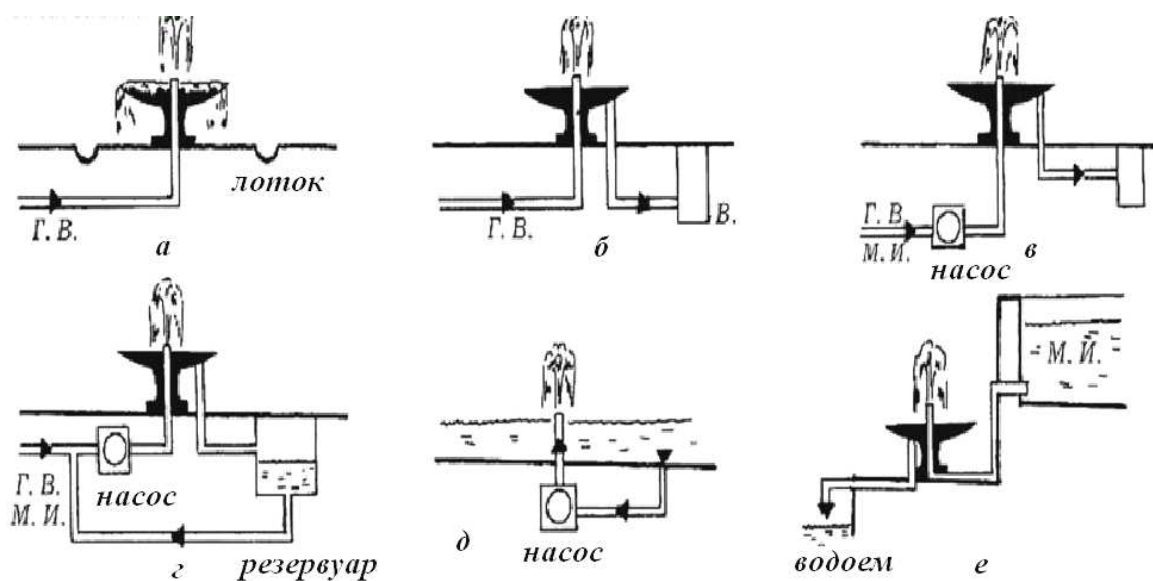


Рис. 7.3. Способы водоснабжения уличных фонтанов: *a* – от городского водопровода со сбросом воды в лоток; *б* – от городского водопровода со сбросом воды в сеть водостока; *в* – из различных источников с помощью насоса со сбросом в водосточную систему; *г* – с помощью насоса из специальной емкости для воды или другого источника со сбросом в этот же резервуар (рециркуляция воды); *д* – с помощью насоса из водоема, в котором расположен фонтан, со сбросом воды в него же; *е* – из местного источника, расположенного выше форсунки, с прямым сбросом в водоем; Г.В. – городской водопровод; В. – водосток; М.И. – местный источник

7.5. Мусороудаление из зданий

Очистка зданий от твердых отходов является одним из важнейших мероприятий в области санитарного благоустройства и представляет собой комплекс мероприятий по сбору, удалению и обезвреживанию отходов (в основном домашнего мусора).

Мусоропроводы в жилых и общественных зданиях предусматривают удаление мусора по специальным каналам. Преимущество этого способа удаления домашнего мусора состоит в том, что он представляет большие

удобства для населения, освобождая его от необходимости выноса мусора во двор, дает возможность удалять мусор из квартир по мере его накопления, а также повышает санитарное состояние и благоустройство квартир и подсобных помещений. Мусоропроводы устраивают в зданиях выше 5 этажей.

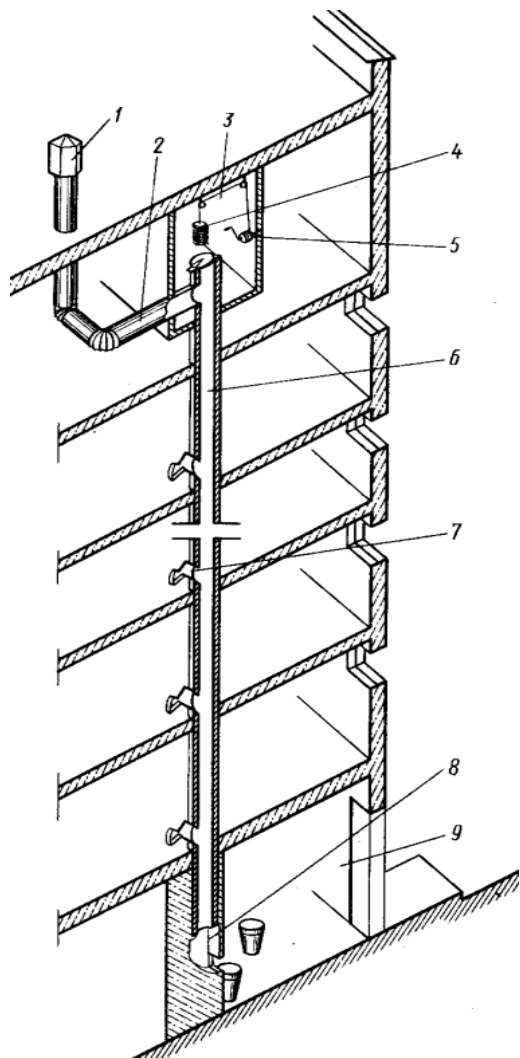


Рис. 7.4. Схема внутреннего мусоропровода:
 1 – дефлектор; 2 – вентиляционная труба;
 3 – помещение с устройством для очистки;
 4 – ерш для прочистки канала; 5 – ручная лебедка; 6 – канал мусоропровода;
 7 – загрузочный клапан; 8 – бункер для приема мусора; 9 – мусорокамера

Мусоропровод состоит из следующих частей (рис. 7.4): приемных клапанов, устанавливаемых в квартирах или служебных помещениях, вертикального канала (ствола), мусоросборной (приемной) камеры внизу мусоропровода с бункером для мусора, верхней (чердачной) камеры с вентиляционными устройствами и приспособлениями для прочистки канала.

Каналы мусоропровода размещают во внутренних капитальных стенах здания, не смежных с жилыми комнатами. Иногда каналы прокладывают у стен здания, с заделкой в короба, или оставляют открытыми.

Каналы должны быть отвесными, круглого сечения, гладкими и без выступающих внутрь частей, с наименьшим количеством стыков. Лучшим материалом для каналов мусоропроводов являются асбестоцементные трубы. Каналы желательно звукоизолировать.

Стыки канала, а также все швы присоединяемых в нему

других элементов мусоропровода выполняются герметичными.

В зависимости от планировки дома канал мусоропровода может обслуживать одну группу квартир или помещений по вертикали или по два отвода с приемными устройствами на каждом этаже здания.

Каналы располагают в секциях зданий таким образом, чтобы приемные устройства находились на лестнице, в кухнях жилых домов, в служебных помещениях общественных зданий. Более экономично при планировке секции жилого здания с выходом из трех – четырех квартир на одну лестничную площадку делать один канал мусоропровода с приемным устройством на лестничной площадке.

Мусоросборную камеру следует помещать непосредственно под мусоропроводом в специальном помещении подвального или, лучше, первого этажа с отдельным входом со стороны двора.

Расположение мусоросборной камеры в подвале здания осложняет подачу сборников с мусором на поверхность. Поэтому приемные камеры целесообразнее размещать в первом или цокольном этаже.

В чердачном помещении над мусоропроводом размещают камеру или короб с вентиляционным устройством и приспособлениями для прочистки и мойки канала. Естественная вентиляция достигается поступлением воздуха в нижнюю часть мусоропровода через бункер. Однако значительно эффективнее, особенно в жаркие летние дни, вентиляция с помощью теплового или механического побуждения.

7.6. Лифты

По виду транспортируемых грузов лифты могут быть:

1. Пассажирские:

- для жилых зданий;
- для общественных зданий;
- для зданий промышленных предприятий;
- больничные лифты;
- лифты для загородных домов, коттеджей.

В пассажирском лифте допускается перевозка легких грузов и предметов домашнего обихода при условии, что их общая масса вместе с пассажиром не превышает грузоподъемности лифта. Перевозка взрывоопасных и легковоспламеняющихся предметов запрещена.

Для транспортировки больных, в том числе на транспортных средствах и с сопровождающим персоналом, применяются больничные лифты, которыми управляет лифтер. Кроме того, существуют инвалидные лифты, представляющие собой пассажирские лифты самостоятельного пользования, служащие для подъема и спуска пассажиров с нарушением функций опорно-двигательного аппарата на инвалидных колясках.

2. Грузовые:

- обычные грузовые;

- грузовые с монорельсом. В этих лифтах под потолком кабины устанавливают балку, к которой подвешивают грузоподъемное устройство (таль, тельфер и т. п.);
- выжимные, в которых подъемная сила приложена к низу кабины;
- тротуарные, у которых кабина выходит из шахты через расположенный в ее верхней части люк. Эти лифты применяют на складах с большими подземными хранилищами для спуска и подъема автомобилей с грузом, на подземных автостоянках, в магазинах для перемещения грузов с улицы в подвал и т. д.;
- грузовые малые, предназначенные для подъема и спуска небольших грузов. Для исключения транспортировки в них людей кабину рассчитывают на перевозку грузов массой не более 250 кг, а ее высота не должна превышать 1250 мм.

3. Специальные (нестандартные) для особых условий применения, изготавливаемые в соответствии со специально разработанными техническими условиями. К ним относятся, например, лифты для подъема космонавтов в кабину космического корабля.

По способу обслуживания различают лифты самостоятельного пользования, которыми управляет сам пассажир, и лифты, управляемые проводником.

По скорости движения кабины лифты подразделяют на тихоходные (до 1,0 м/с), быстроходные (от 1,0 до 2,0 м/с), скоростные (от 2,0 до 4,0 м/с) и высокоскоростные (свыше 4,0 м/с).

В соответствии с типом привода подъемного механизма лифты могут быть электрическими (с приводом от электродвигателя переменного или постоянного тока) и гидравлическими (с приводом в виде подъемного гидrocилиндра или лебедки с гидродвигателем вращательного типа).

Основные части электрических лифтов с тяговым приводом следующие (рис. 7.5):

- средства подвески кабины и противовеса (стальные проволочные канаты);
- лебедка (силовая установка);
- кабина (перевозит пассажиров и/или другие грузы);
- противовес (уравновешивает силу тяжести массы кабины и часть массы номинального груза)¹ ;

¹ Вес противовеса уравновешивает вес кабины и часть полезного груза. При этом уменьшаются неуравновешенная часть груза и мощность электродвигателя лифта. В данном случае нагрузка на электродвигатель лифта уменьшается на разницу грузоподъемности лифта и сумму весов порожней кабины и противовеса. Может показаться, что мощность электродвигателя будет еще меньше при полном уравновешивании груза. Однако это справедливо только при подъеме кабины с грузом вверх. Зато при спуске ненагруженной кабины вниз или подъеме противовеса вверх двигателю пришлось бы преодолеть весь тот груз, который уложили в противовес для уравновешивания всего груза.

– шахта лифта (место, полностью или частично огороженное, которое простирается от пола приямка до перекрытия, в котором движется противовес (при наличии) и кабина. Она оборудована направляющими кабины и противовеса, дверями посадочных площадок, буферами или упорами в приямке;

– ловитель (механическое устройство для остановки и удержания кабины или противовеса на направляющих в случае обрыва, ослабления натяжения канатов подвески или если скорость опускающейся кабины (противовеса) превышает номинальную скорость на заранее установленную величину). Тормозное действие ловителя инициируется ограничителем скорости, обычно расположенным в машинном помещении;

– буфера (устройства плавного замедления кабины за пределами нижнего расчетного положения кабины или противовеса). Они могут быть полиуретановыми, пружинного или масляного типа в зависимости от номинальной скорости и предназначены для накопления или рассеивания кинетической энергии кабины или противовеса;

– электрические устройства, включающие электрические устройства безопасности и освещения;

– контроллер.

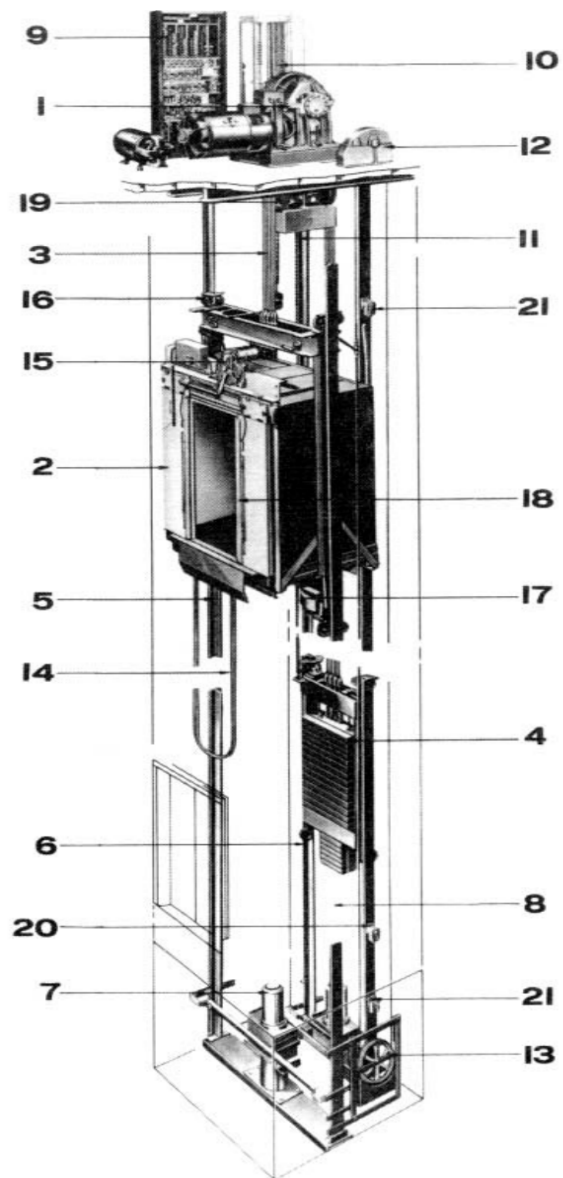


Рис. 7.5. Типовой пассажирский лифт:
 1 – лебедка; 2 – кабина; 3 – канаты подвески;
 4 – противовес; 5 – направляющие кабины;
 6 – направляющие противовеса; 7 – буфер кабины;
 8 – буфер противовеса;
 9 – контроллер; 10 – копир-аппарат;
 11 – лента привода копир-аппарата;
 12 – ограничитель скорости; 13 – натяжное устройство ограничителя скорости;
 14 – подвесной кабель; 15 – привод дверей;
 16 – роликовые башмаки; 17 – ловитель кабины;
 18 – устройство безопасности двери;
 19 – отводной блок; 20 – концевой выключатель безопасности; 21 – нижний концевой выключатель

ТЕМА 8. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

8.1. Теплоснабжение зданий

Теплоснабжение зданий представляет собой совокупность трех взаимосвязанных процессов: подготовка теплоносителя, транспорт теплоносителя и использование теплового потенциала теплоносителя. В соответствии с этим система теплоснабжения состоит из трех звеньев: источник теплоты, трубопроводы, система теплоснабжения с нагревательными приборами. Системы теплоснабжения классифицируют по следующим основным признакам: по радиусу действия, по виду источника теплоты, по виду теплоносителя и количеству трубопроводов.

По радиусу действия системы теплоснабжения могут быть местными, центральными и централизованными.

Местными называют системы, в которых три основных звена объединены и находятся или в одном помещении, или в смежных помещениях, и применяются только в гражданских небольшого объема зданиях или в небольших вспомогательных зданиях на промышленных площадках, удаленных от основных производственных корпусов. Примером таких систем являются печи электрические или газовые системы отопления. В этом случае получение теплоты и передача ее воздуху помещений объединены в одном устройстве и расположены в отапливаемых помещениях.

Центральной системой теплоснабжения называют систему снабжения теплом одного здания любого объема от одного источника теплоты. Например, система отопления здания, получающая теплоту от котла, установленного в подвале здания, или отдельно стоящей котельной.

Централизованная система теплоснабжения – когда от одного источника теплоты подается теплота для многих зданий (ТЭЦ или районные котельные). По виду теплоносителя системы теплоснабжения делятся на водяные и паровые. Районные котельные имеют тепловые сети со средним радиусом действия 2...3 км. При районном теплоснабжении источник теплоты – районная котельная – может быть паровой или водогрейной, т. е. в ней могут быть установлены паровые или водогрейные котлы. Но и те, и другие вырабатывают только один вид энергии – тепловую, которая образуется при сжигании топлива в топках котлов. Потребители получают эту тепловую энергию или в виде пара, или в виде горячей воды, которые циркулируют в системах отопления зданий.

Теплофикацией называется централизованное теплоснабжение на базе комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, т. е. источником теплоты служит ТЭЦ (рис. 8.1).

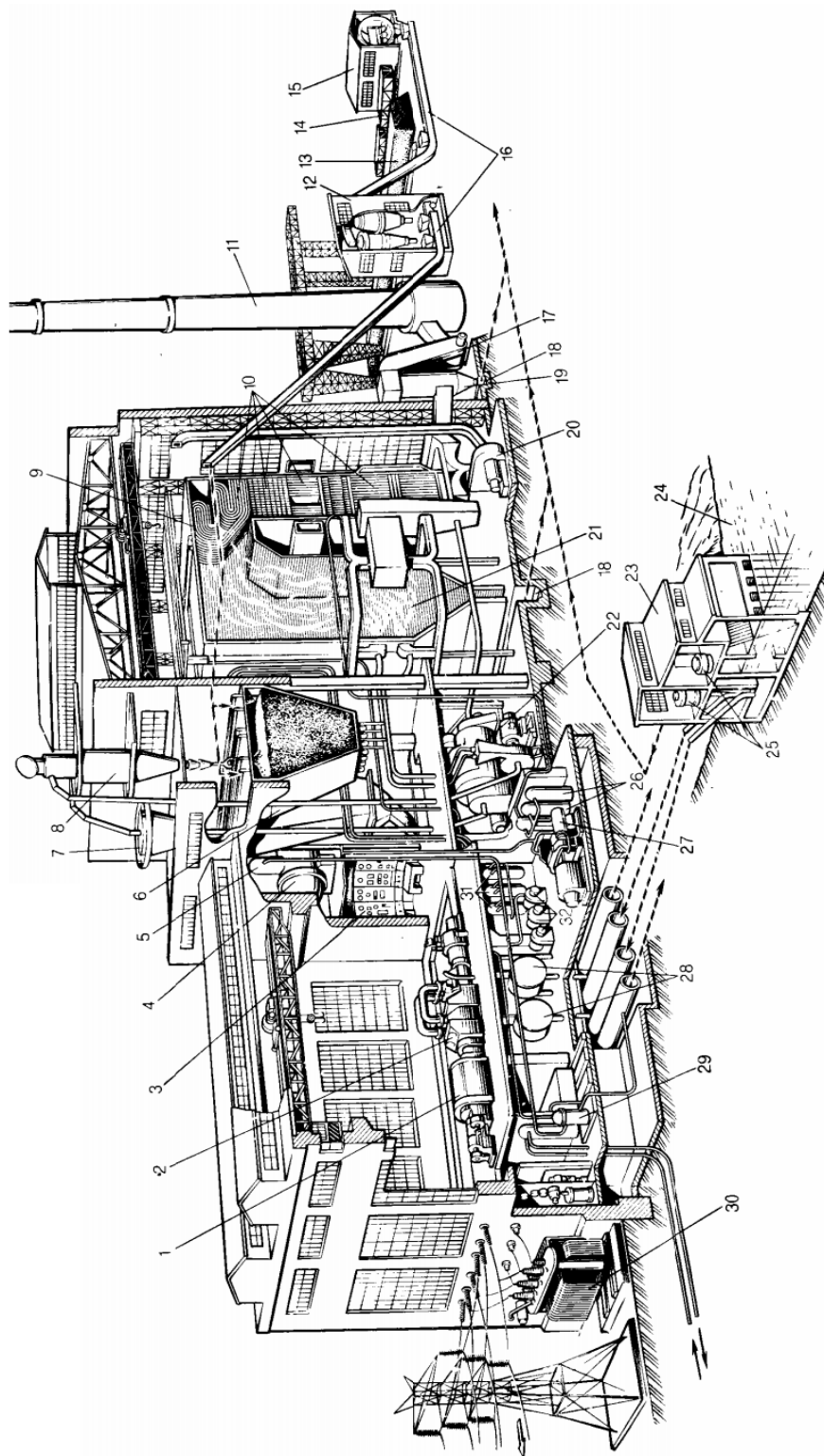


Рис. 8.1. Тепловая электрическая станция (ТЭЦ): 1 – электрический генератор; 2 – паровая турбина; 3 – пульт управления; 4 – деаэратор; 5 и 6 – бункера; 7 – сепаратор; 8 – циклон; 9 – котел; 10 – поверхность нагрева (теплообменник); 11 – дымовая труба; 12 – дробильное помещение; 13 – склад резервного топлива; 14 – вагон; 15 – разгрузочное устройство; 16 – конвейер; 17 – дымосос; 18 – канал; 19 – золоуловитель; 20 – вентилятор; 21 – топка; 22 – мельница; 23 – насосная станция; 24 – источник воды; 25 – циркуляционный насос; 26 – регенеративный подогреватель высокого давления; 27 – питательный насос; 28 – конденсатор; 29 – установка химической очистки воды; 30 – повышающий трансформатор; 31 – регенеративный подогреватель низкого давления; 32 – конденсаторный насос

Следовательно, теплофикация отличается от районного теплоснабжения видом источника теплоты и характеризуется выработкой не одного, как в системе районного теплоснабжения, а двух видов энергии.

Преобладающее число ТЭЦ имеет тепловые сети со средним радиусом действия 10...15 км. В последние годы наметилась тенденция к увеличению протяженности сетей до 30... 50 км.

Дальнейшее совершенствование теплоснабжения зданий и сооружений связано со строительством атомных тепловых электростанций (АТЭЦ). АТЭЦ с водоводяными реакторами и парогенераторами поверхностного типа не требует устройства дополнительного контура для использования отработавшего пара в теплофикационных подогревателях. Принципиальные схемы таких АТЭЦ с теплофикационными турбинами практически не отличаются от тепловых схем ТЭЦ, работающих на органическом топливе (рис. 8.2).

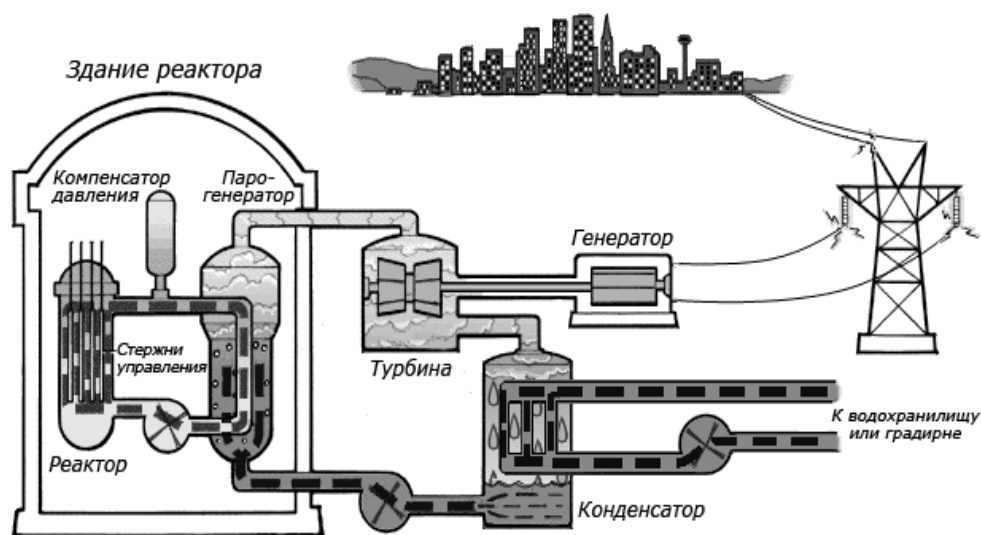


Рис. 8.2 Принципиальная схема АТЭЦ

Горячая вода или пар из источника теплоты (ТЭЦ, котельная) транспортируется к потребителям (жилым домам, общественным и промышленным зданиям) по специальным трубопроводам, которые называются **тепловыми сетями**. Тепловые сети разделяются на магистральные, прокладываемые на главных направлениях населенного пункта, распределительные – внутри квартала, микрорайона – и ответвления к отдельным зданиям.

Тепловые сети являются одним из наиболее дорогостоящих и трудоемких элементов системы централизованного теплоснабжения, так как прокладка их в земле или над землей связана с целым рядом сложных ра-

бот по тепло- и гидроизоляции, по устройству опор и камер, компенсаторов температурных удлинений. Трасса тепловых сетей в городах и других населенных пунктах должна предусматриваться в специально отведенных для инженерных сетей технических полосах.

При выборе трассы теплопроводов необходимо руководствоваться выполнением следующих условий: надежность и долговечность тепловой сети; уровень тепловых потерь в окружающую среду; защита теплопроводов от разрушения под воздействием внешних нагрузок.

Тепловая изоляция играет большую роль в экономике централизованного теплоснабжения.

Выбор схемы тепловых сетей зависит от таких факторов, как количество и размещение источников теплоснабжения, вид теплоносителя и потребителей теплоты.

Существует две схемы тепловых сетей: лучевая (радиальная) и кольцевая (рис. 8.3).

При теплоснабжении от одного источника теплоты целесообразно применять *лучевую* схему, в которой по мере снижения тепловой нагрузки и удаления от источника теплоты уменьшаются диаметры трубопроводов. Недостатком этой схемы является то, что в случае аварии на одной магистрали нарушается снабжение теплотой всех расположенных за местом аварии потребителей теплоты.

Во избежание перерывов в снабжении теплотой потребителей предусматривают соединение отдельных магистральных сетей между собой, а также устройство перемычек между ответвлениями. Такие тепловые сети называются *кольцевыми*. Они нашли широкое распространение в крупных городах при наличии нескольких крупных источников теплоты.

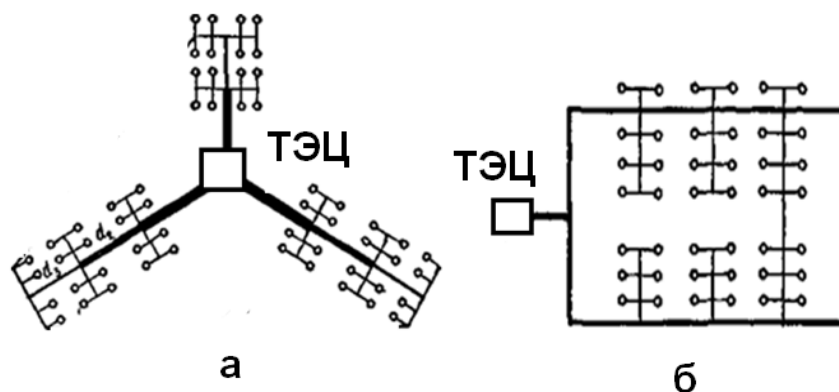


Рис. 8.3. Схемы тепловых сетей: а – лучевая; б – кольцевая

По способу прокладки тепловые сети делятся на подземные и надземные (воздушные).

Надземную прокладку труб (на отдельно стоящих мачтах и эстакадах, на кронштейнах, заделываемых в стены здания) применяют на территории промышленных предприятий, при пересечении оврагов, при сооружении тепловых сетей вне черты города (рис. 8.4).

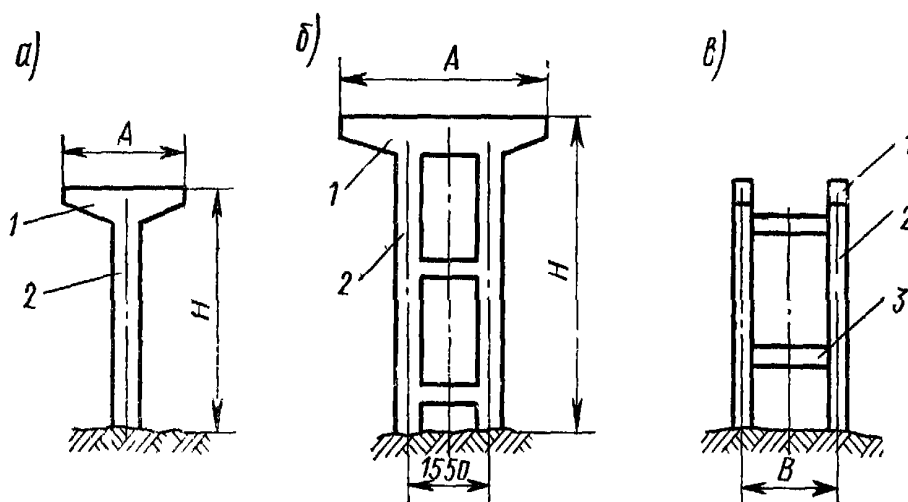


Рис. 8.4. Типовые конструкции стоек: а – одноветвевые; б – двухветвевые; в – анкерная стойка, составленная из отдельных стоек; 1 – траверса; 2 – стойка; 3 – поперечные межстоечные связи

Преобладающим способом прокладки труб тепловых сетей является **подземный**. Самый дешевый способ прокладки тепловых сетей – бесканальный. Этот тип прокладки не предусматривает строительных конструкций, и механическое воздействие со стороны грунта передается на теплопровод, покрытый тепловой изоляцией. В настоящее время в РБ для тепловых сетей разрешено использовать бесканальную прокладку предизолированных труб. Оборудование тепловых сетей включает в себя компенсаторы, опоры и запорную арматуру.

Для обслуживания оборудования, установленного на теплопроводах при подземной прокладке, устанавливаются камеры. В них размещаются компенсаторы, опоры, запорная арматура и ответвления от тепловой сети.

При монтаже теплопроводов необходимо предусматривать компенсацию их температурного удлинения. Компенсация может быть достигнута как за счет поворотов и изгибов самих трубопроводов, так и за счет использования компенсаторов.

8.2. Газоснабжение жилых зданий

Горючие газы по происхождению разделяют на естественные (природные) и искусственные, вырабатываемые из твердого и жидкого топлива. Газообразное топливо представляет собой смесь различных химических соединений. В состав природного газа входят метан (50...98 %), этан, пропан, бутан, углеводороды высшего порядка метанового ряда, углекислый газ, азот. Основные компоненты искусственного газообразного топлива – окись углерода, водород, метан, углекислый газ, азот. В газообразном топливе, как естественном, так и искусственном, содержатся водяные пары, различные смолы и др.

Природные газы образуются в недрах земли в пустотах горных пород. Их добывают через скважины из чисто газовых месторождений, а также нефтяных месторождений попутно с нефтью. Газы чисто газовых месторождений состоят преимущественно из метана с небольшим содержанием тяжелых углеводородов в отличие от газов, добываемых из газонефтяных месторождений.

Искусственный газ получают при переработке на заводах каменного угля, торфа, кокса, горючих сланцев и нефти. В зависимости от способов переработки и вида сырья получают газ – генераторный, коксовый, сланцевый и нефтегазы. Выработанный на заводах газ очищают от вредных примесей (нафталина, сероводорода) и удаляют из него влагу. Очищенный и осушенный газ поступает в городские хранилища.

Для газоснабжения населенных пунктов также используют и сжиженные углеводородные газы, представляющие собой смесь, состоящую преимущественно из пропана, бутана и изобутана. Основным источником получения сжиженных газов являются попутные нефтяные газы, которые перерабатывают для получения из них бензина и сжиженных газов. Характерным свойством углеводородных газов является относительно легкий переход в жидкое состояние при нормальной температуре и небольшом повышении давления. При снижении давления эти газы переходят обратно в газообразное состояние.

Характеристикой любого топлива, в том числе и газа, является его **теплота сгорания**, т. е. количество теплоты, выделяемое при сгорании 1 м³ газа.

Горение газообразного топлива – химический процесс соединения его горючих компонентов с кислородом воздуха.

Источником газоснабжения города или населенного пункта чаще всего служит природный газ, который транспортируется к газоснабжаемым объектам от газовых промыслов по магистральным трубопроводам, начальным пунктом которых является головная компрессорная станция и пункт очистки газа от вредных примесей. Конечным пунктом магистральных сетей служит *газораспределительная станция* (ГРС), на которой снижается давление газа перед подачей его в распределительную сеть города или населенного пункта.

Распределительные городские газопроводы в зависимости от максимального рабочего давления подразделяют на газопроводы: а) низкого давления – до 5 кПа; б) среднего – свыше 5 кПа до 300 кПа; в) высокого – свыше 300 кПа до 600 кПа; г) повышенного давления – свыше 600 кПа до 1200 кПа. Связь между газопроводами различных давлений осуществляется через *газовые регуляторные пункты* (ГРП), которые снижают и поддерживают давление газа на заданном уровне.

Для газоснабжения жилых домов и общественных зданий применяют газ низкого давления, а для подачи газа к промышленным и крупным коммунальным предприятиям используют газопроводы среднего и высокого давления. К крупным промышленным предприятиям, технология которых требует подачи газа под давлением более 600 кПа, и к газохранилищам газ подводят по газопроводам повышенного давления.

Для газоснабжения населенных мест применяют одноступенчатые, двух-, трех- и многоступенчатые системы газоснабжения (рис. 8.5).

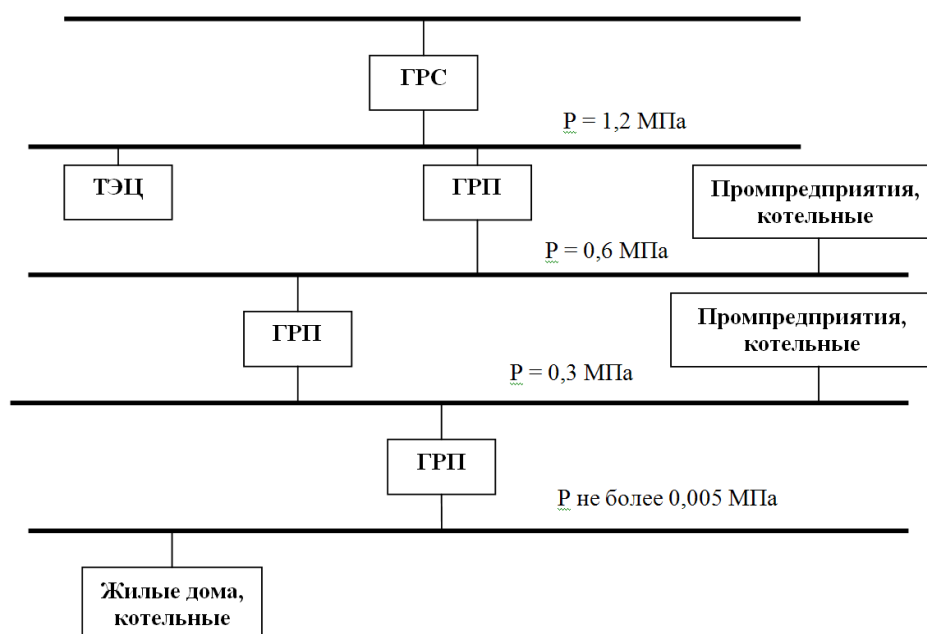


Рис. 8.5. Распределительная система газоснабжения

Выбор системы газоснабжения (количество ступеней давления) определяется различными факторами: планировка и размер населенного пункта, объем газопотребления, расположение источников газоснабжения, и, кроме того, чем больше давление газа в газопроводе, тем меньше его диаметр и стоимость, но зато усложняется прокладка сети, так как необходимо выдерживать большие разрывы до зданий.

При проектировании газовых сетей применяют в основном две схемы: кольцевые и тупиковые. Кольцевые распределительные сети образуют как бы кольцо или контур, и питание газом каждого участка осуществляется с двух сторон. Недостатком кольцевых сетей является большая протяженность газопроводов, а, следовательно, и стоимость, но они обладают высокой надежностью газоснабжения потребителей.

Тупиковые сети не имеют замыкающих участков в отличие от кольцевых, а поэтому протяженность и стоимость газопроводов значительно меньше. Но, несмотря на это, тупиковые сети находят ограниченное применение при газоснабжении городов, так как менее надежны, чем кольцевые. Их в основном применяют только для газоснабжения малых населенных пунктов и отдельных промышленных объектов.

Городские газопроводы можно разделить на следующие три группы:

- 1) **распределительные газопроводы**, по которым газ транспортируют по снабжаемой газом территории и подают его промышленным потребителям, коммунальным предприятиям и в жилые дома;
- 2) **абонентские ответвления**, подающие газ от распределительных сетей к отдельному потребителю или к группе потребителей;
- 3) **внутридомовые газопроводы**, транспортирующие газ внутри здания и распределяющие его по отдельным газовым приборам.

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

На рис. 8.6 показана схема помещения ГРП с установленным оборудованием. Газ высокого или среднего давления входит в ГРП и после отключающей задвижки проходит через фильтр, где очищается от пыли и механических примесей. Фильтр состоит из стального или чугунного корпуса, внутри которого вставляются сменные кассеты, заполненные филь-

рующим материалом – конским волосом или стекловолокном. После фильтра газ через предохранительно-запорный клапан поступает в регулятор давления, где давление газа снижается до заданного. Предохранительно-запорный клапан предназначен для автоматического прекращения поступления газа в сеть низкого или среднего давления при превышении давления сверх заданного. После регулятора газ пониженного давления выходит через выходную задвижку в городскую газораспределительную сеть соответствующего давления. При незначительном повышении давления часть газа стравливается в атмосферу предохранительно-сбросным клапаном через продувочную свечу. Во избежание перебоя в газоснабжении во время ремонта оборудования ГРП на технологической линии предусматривается обводной газопровод (байпас).

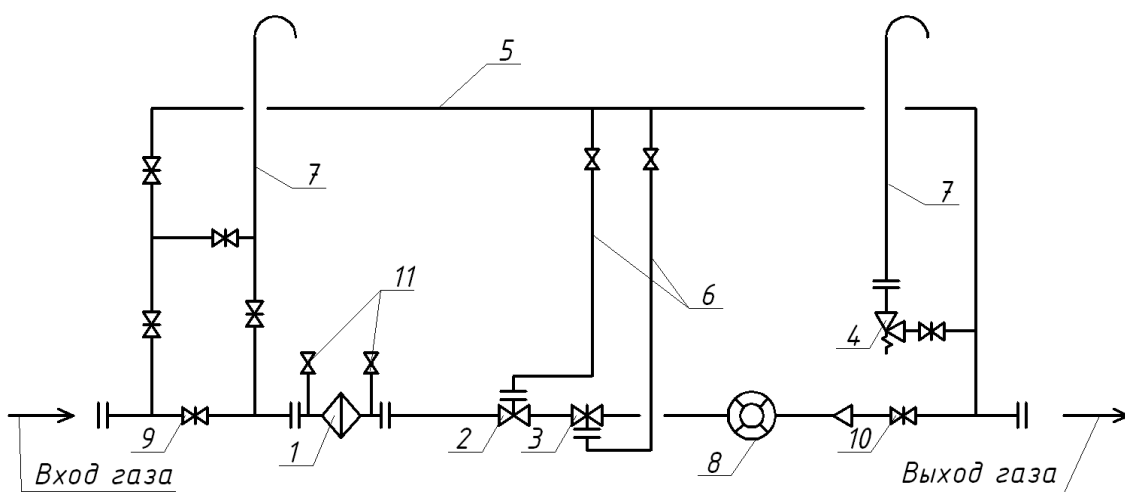


Рис. 8.6. Принципиальная схема газорегуляторного пункта (ГРП): 1 – газовый фильтр; 2 – предохранительно-запорный клапан; 3 – регулятор давления; 4 – предохранительно-сбросной клапан; 5 – обводная линия (байпас); 6 – импульсные трубки; 7 – продувочные свечи; 8 – газовый счетчик; 9, 10 – входная и выходная задвижки; 11 – краны для подключения дифманометра

На территории городов и других населенных пунктов прокладку наружных газопроводов, независимо от назначения и давления газа, планируют, как правило, подземной. Наземная прокладка допускается на территории промышленных и коммунальных предприятий по стенам зданий и на опорах, а также при переходе через естественные препятствия.

Газопроводы, как правило, выполняют из стальных труб, соединяя их электросваркой.

Система газоснабжения здания состоит из ввода в здание, внутренней сети и газопотребляющих приборов.

В жилых зданиях до 11 этажей, на предприятиях общественного питания допускается использование газа только низкого давления. Использование газа в детских учреждениях, в пищеблоках школ, кинотеатрах, театрах, клубах, жилых многоквартирных домах (11 этажей и выше) запрещено.

Вводы газопровода устраивают в каждую секцию здания и прокладывают стояки для распределения газа по этажам. При подземной прокладке газопровода вводы осуществляют в лестничные клетки; при воздушной прокладке газопровода по стене здания вводы целесообразно осуществлять в кухни. Прокладка газопроводов в подвальных и жилых помещениях не разрешается.

8.3. Горячее водоснабжение

Горячее водоснабжение включает в себя приготовление, транспортировку и подачу горячей воды с заданной температурой к водоразборным кранам. Различают бытовое, коммунальное и производственное потребление горячей воды.

Горячая вода используется для хозяйственно-бытовых целей – в жилых зданиях, в общественных зданиях и коммунальных предприятиях, на промышленных предприятиях.

При проектировании и эксплуатации систем горячего водоснабжения необходимо учитывать, что горячая вода, подаваемая на хозяйственно-бытовые нужды, должна соответствовать нормам питьевого водоснабжения.

Системы горячего водоснабжения в зависимости от режима и объема потребления горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд в зданиях различного назначения могут быть централизованными и местными.

В местных системах горячего водоснабжения приготовление горячей воды и ее потребление происходит в одном месте. Горячую воду готовят в газовых или электрических водоподогревателях, размещая их в ванных комнатах и кухнях жилых домов. В районах, не имеющих газоснабжения, нагрев горячей воды осуществляют в водогрейных колонках, работающих на твердом топливе (угле или дровах).

В системах централизованного горячего водоснабжения приготовление горячей воды осуществляют в одном центре, например, в центральных или индивидуальных тепловых пунктах (ЦТП или ИТП), а разбор ее может производиться у целого ряда потребителей вне этого центра. Транспортировку горячей воды к местам потребления осуществляют по трубопроводам.

К централизованным системам горячего водоснабжения относят: системы с приготовлением горячей воды в водоподогревателях, присоединяемых к тепловой сети (закрытые системы теплоснабжения); с непосредственным водоразбором из тепловой сети (открытые системы теплоснабжения); с приготовлением горячей воды непосредственно в водогрейных котлах, баках-аккумуляторах, установленных в котельных.

Выбор закрытой или открытой водяной системы теплоснабжения зависит от условий водоснабжения, источника теплоты и качества исходной водопроводной воды. Схемы, применяемые в системах горячего водоснабжения, могут быть тупиковыми и с циркуляционными трубопроводами.

Во избежание охлаждения горячей воды в зданиях с большой протяженностью подающих трубопроводов и при отсутствии постоянного водоразбора предусматривают циркуляцию горячей воды в водоразборных трубопроводах. При высоте зданий до четырех этажей циркуляцию осуществляют только в разводящих трубопроводах, а при большой этажности – и в стояках (рис. 8.7).

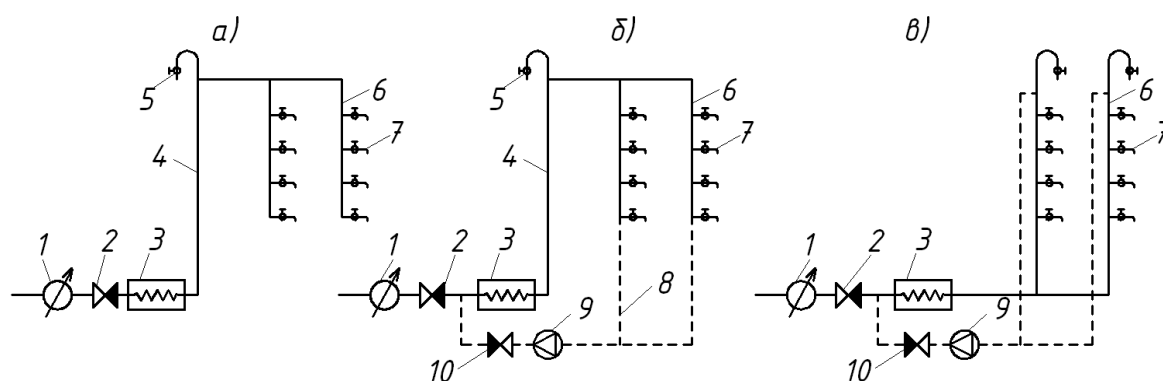


Рис. 8.7. Системы горячего водоснабжения: а – тупиковая с верхней разводкой; б – с верхней разводкой и циркуляционными стояками; в – с нижней разводкой и циркуляционными стояками

В небольших жилых зданиях и зданиях с постоянным расходом горячей воды применяют тупиковые схемы сетей систем горячего водоснабжения при условии, что температура горячей воды в местах водоразбора не будет снижаться: ниже $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ – для систем централизованного горячего водоснабжения, присоединяемых к открытым системам теплоснабжения, и для систем местного горячего водоснабжения; ниже $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ – для систем централизованного горячего водоснабжения, присоединяемых к закрытым системам теплоснабжения. Во всех случаях температура воды в системах горячего водоснабжения не должна быть выше $75\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В централизованных системах горячего водоснабжения нагрев холодной водопроводной воды может осуществляться: в паровых или скоростных водяных водонагревателях в зависимости от теплоносителя; в емких подогревателях (бойлерах) и открытых баках; в водогрейных котлах.

В целях предохранения от коррозии трубопроводы систем горячего водоснабжения выполняют из стальных оцинкованных труб. Допустимо применение труб из термостойких пластических масс при условии, что они не ухудшают качество горячей воды. Для обеспечения воздухоудаления из систем горячего водоснабжения трубопроводы прокладывают с уклоном не менее 0,002. При проектировании систем горячего водоснабжения применяют промышленную трубопроводную арматуру общего назначения. Арматуру диаметром до 50 мм включительно применяют из бронзы, латуни и термостойких пластмасс.

8.4. Электрооборудование зданий

Электроснабжение – это совокупность мероприятий по обеспечению электроэнергией инженерного оборудования зданий.

Электрооборудование зданий – совокупность электротехнических устройств, устанавливаемых в зданиях для создания нормальных условий деятельности находящихся в них людей (электрические машины, аппараты, приборы электрической сети и т. п., обеспечивающие работу искусственного освещения, бытовых электроприборов, отопления, вентиляции, водоснабжения и вертикального транспорта).

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на три категории [24]:

I категория – это те, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства;

II категория – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей;

III категория – все остальные электроприемники, не подходящие под определение I и II категорий.

Полный перечень категорий электроприемников приведен в нормативной литературе.

Для рассмотрения различных схем распределения электрической энергии необходимо различать: питающие сети, распределительные пункты (РП); распределительные линии, трансформаторные подстанции (ТП).

Подстанцией называется электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств до 1000 В и выше, аккумуляторной батареи, устройств управления и вспомогательных сооружений. **Распределительным пунктом** называется подстанция промышленного предприятия или городской электрической сети, предназначенная для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации. **Питающей сетью** называется сеть от распределительного устройства подстанции или распределительного пункта до вводного устройства, вводно-распределительного устройства или главного распределительного щита здания. **Распределительной сетью** называется сеть от вводного устройства, вводно-распределительного устройства или главного распределительного щита здания до распределительных щитков здания. **Групповой сетью** называется сеть от распределительных щитков здания до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников электроэнергии.

В настоящее время городские сети 6...10 кВ выполняют по многолучевой схеме, при которой обеспечивается высокая надежность электропитания потребителей и гибкость развития сетей в новых районах. Принцип построения схемы сети состоит в том, что питающие кабели (одиночные или спаренные) заводятся на каждую секцию двухсекционного распределительного пункта (РП). От РП к городским сетевым подстанциям прокладывают распределительные кабели по многолучевой схеме (2...3 луча).

В качестве сетевых подстанций применяют подстанции с двумя трансформаторами и устройством аварийного включения резерва (АВР) на стороне низкого напряжения. Городские сети от подстанций к потребителям с напряжением 380/220 В в большинстве случаев выполняют по радиальной схеме с взаимным резервированием питающих кабелей.

Для распределения электроэнергии и преобразования с высокого напряжения на низкое применяют установку, которая называется трансформаторной подстанцией (ТП). Оборудование ТП состоит из одного или нескольких силовых трансформаторов, распределительного устройства высокого и низкого напряжения, защиты, сигнализации и устройств управления. Трансформаторные подстанции в большинстве случаев имеют высокое первичное напряжение (10...6 кВ) и низкое вторичное (0,4...0,23 кВ).

Основными элементами внутренних электрических сетей современного жилого дома являются вводно-распределительные устройства (ВРУ), вертикальные магистральные линии (стояки) с этажными щитками для питания квартир, силовые сети лифтовых установок и линии освещения лестничных клеток, технических этажей и др.

Питание осуществляется двумя кабельными линиями напряжением 220/230 В от шин ближайшей трансформаторной подстанции. Одна из них питает нагрузки квартир и общего освещения (лестничные клетки, подвал, чердак, технический этаж, наружное освещение). Вторая линия питает силовые токоприемники (лифты, насосы, вентиляторы), а также противопожарные устройства и аварийное освещение. Схема предполагает в случае выхода из строя одной линии подключение нагрузки ко второй, которая допускает перегрузку на время производства переключений. Питающие линии вводятся в центр жилого здания и на первый этаж лестничной клетки или в подвал, где устанавливается вводное распределительное устройство (ВРУ).

К горизонтальным питающим линиям подводят вертикальные линии (стояки). К стоякам присоединяют групповые линии квартир.

Схемы электрических сетей жилых домов следует выполнять исходя из следующего:

- при расчетной нагрузке на вводе в квартиру до 12 кВт рекомендуется применять однофазный ввод, при расчетной нагрузке более 12 кВт – трехфазный ввод. Питание электроэнергией осуществляется от ответвления вертикальной магистрали через пакетный выключатель. Распределение электроэнергии производится от квартирного щитка;

- к одной распределительной линии разрешается присоединять несколько стояков питания квартир, при этом в жилых зданиях высотой более 5 этажей на ответвлении к каждому стояку должен устанавливаться отключающий аппарат;

- общедомовые электроприемники жилых зданий (лифты, насосы, вентиляторы и т. п.), как правило, должны получать питание от самостоятельной силовой сети, начиная от ВРУ (ГРЩ). По одной линии следует питать не более четырех лифтов, расположенных в разных, не связанных между собой лестничных клетках и холлах. При наличии в лестничных клетках или в лифтовых холлах двух или более лифтов одного назначения они должны питаться от двух линий, присоединяемых каждая непосредственно к ВРУ (ГРЩ);

- линии питания встроенных индивидуальных тепловых пунктов должны быть самостоятельными, начиная от ВРУ (ГРЩ), и иметь отдельные аппараты защиты и управления;

– освещение лестниц, поэтажных коридоров, вестибюлей, входов в здание, указателей пожарных гидрантов, усилителей телевизионных сигналов и охранно-переговорных устройств (домофонов) должно питаться непосредственно от ВРУ (ГРЩ) либо щитка (блока управления освещением), располагаемого в электрощитовой. При этом линии питания охранно-переговорных устройств должны быть самостоятельными.

В оборудованных газовыми плитами одно-, двух-, трех- и четырехкомнатных квартирах следует предусматривать три (в одно-, двухкомнатных допускается две) однофазные групповые линии для питания освещения и штепсельных розеток с защитой их автоматическими выключателями. При количестве комнат более четырех на пятую и каждую из последующих комнат необходимо предусматривать дополнительно по одной аналогичной однофазной группе [24].

Количество групповых сетей на щитках в домах с электроплитами – три. Как правило, освещение квартир выделяется в отдельную группу. Вторая группа питает сеть штепсельных розеток. Третья группа предназначена исключительно для питания электрических плит.

Электрическая сеть в квартирах выполняется скрытой. Стояки распределительных линий квартир, групповых линий лестничного освещения в жилых зданиях должны, как правило, прокладываться скрыто в каналах строительных конструкций (электробоков). Последние выполняются при изготовлении строительных конструкций. В этих же конструкциях рекомендуется размещать совмещенные этажные электрошкафы (щитки) и ящики для соединений и разветвлений проводников. Не допускается в жилых домах прокладка транзитных распределительных линий через квартиры и помещения других собственников.

Магистральные линии от ВРУ, идущие в технических этажах и подвалах горизонтально, прокладывают открыто на лотках, коробах или в винилпластовых трубах. Вертикальные магистральные участки прокладывают скрыто. Открытая прокладка кабелей по лестничным клеткам не допускается, за исключением кабелей сети их освещения. Для открытой прокладки должны выбираться кабели, не распространяющие горение. До высоты 2 м от пола кабели должны иметь защиту от механических повреждений.

В вентиляционных каналах и шахтах прокладка проводов и кабелей не допускается. Это требование не распространяется на полости за непроходными подвесными потолками, используемыми в качестве вентиляционных каналов.

Высота установки штепсельных розеток выбирается удобной для присоединения к ним электрических приборов в зависимости от назначе-

ния помещений и оформления интерьеров, но, как правило, не выше чем на 1 м от пола. Штепсельные розетки, устанавливаемые в квартирах, в жилых комнатах общежитий для семейных граждан, а также в помещениях детских учреждений, должны быть снабжены защитным устройством, автоматически закрывающим гнезда розеток при вынутой вилке.

Выключатели общего освещения рекомендуется устанавливать на высоте от 0,8 до 1,7 м от пола [25].

Освещение зданий подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное. Освещение проектируется в виде двух систем: общее (равномерное или локализованное) и комбинированное (к общему освещению добавляется местное). В помещениях жилых и общественных зданий, как правило, следует применять систему общего освещения.

В жилых комнатах, кухнях и прихожих квартир должна быть предусмотрена возможность установки светильников общего освещения, подвешиваемых или закрепляемых на потолке.

Сети освещения безопасности и эвакуационного освещения могут быть общими. В торговых залах светильники общего освещения, расположенные над кассовыми узлами, следует присоединять к сети освещения безопасности или эвакуационного освещения.

Общее освещение помещений общественных зданий с постоянным присутствием персонала и жилых комнат общежитий следует выполнять преимущественно люминесцентными лампами [24].

В жилых зданиях рекомендуется выполнять лампами накаливания освещение технических этажей и подполов, подвалов, чердаков, колясочных, кладовых, машинных помещений лифтов, насосных, тепловых пунктов, электрощитовых, вентиляционных и мусоросборных камер, сушильных.

Для освещения безопасности и эвакуационного освещения не допускается использование светильников с разрядными лампами высокого давления, если они не обеспечивают мгновенное зажигание и повторное перезажигание (например, после срабатывания АВР).

Освещение помещений, где производится сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению (выставочные и демонстрационные залы, кабинеты рисования, редакционно-оформительские и печатные отделения оперативной офсетной печати, помещения кружков, лабораторий органической и неорганической химии, торговые залы специализированных магазинов, примерочные кабины, парикмахерские залы, отделения выведения пятен в ателье химической чистки и т. п.), следует выполнять люминесцентными лампами типов ЛБЦТ, ЛДЦ, ЛХБ, ЛЕЦ и других с улучшенной цветопередачей.

8.5. Автоматизация систем энергоснабжения

Автоматизация – процесс оснащения технологических процессов приборами и средствами автоматики (ПСА), процесс перевода управления технологическим процессом с ручного на автоматический. За человеком остаются функции проектирования, монтажа, наладки, ремонта и анализа эффективности работы систем автоматизации [26].

Выделяют следующие аспекты автоматизации: технические, научные, экономические, социальные, эргономические, экологические.

Технический аспект проявляется в том, что автоматизация способствует совершенствованию орудий и методов труда, появлению новых технологических процессов, приборов, аппаратов.

Экономический аспект определяется комплексно ростом производительности труда, экономией ресурсов, рабочей силы, улучшением качества продукции за счет оптимального управления производством.

Социальный аспект помимо улучшения условий труда характеризуется высвобождением времени, что создает благоприятные условия для повышения профессионального мастерства, культурного роста.

Эргономический аспект выражается в психологической совместимости человека с машинами, приборами, аппаратами, в сведении к минимуму напряженности в нормальных и экстремальных условиях.

В экологическом аспекте автоматизация систем энергоснабжения призвана сыграть решающую роль при обеспечении полноты сжигания топлива, для предотвращения вредных выбросов в атмосферу, утечек теплоносителя, снижения теплотерь, шума установок.

Управление работой инженерного оборудования зданий и сооружений осуществляют с помощью систем регулирования. Система регулирования в принципе представляет собой совокупность объекта регулирования и регулятора.

Объект регулирования – технологическая система, оборудование или помещение, в котором происходит процесс, подлежащий регулированию.

Регулятор – устройство, выполняющее задачи поддержания заданной величины регулируемого параметра. Регулятор обычно состоит из нескольких определенных по функциональной значимости элементов: датчика, преобразующе-усилительного устройства, суммирующего устройства, измерительно-показывающего устройства, усилительного устройства, исполнительного устройства, регулирующего органа.

Автоматическое регулирование – это осуществление какого-либо процесса без непосредственного участия человека, с помощью соответствующих систем автоматики.

Задача системы автоматического регулирования (САР) состоит в целенаправленном воздействии на объект управления в том случае, когда проходящий в нем процесс отклоняется от заданного. Например, в системе «тепловой режим здания – кондиционер» управляемыми величинами являются показатели теплового режима помещения – температура, влажность и подвижность воздуха в помещении, температура внутренних поверхностей помещения, а также потоки энергии и массы в кондиционере.

Системы регулирования могут быть замкнутыми по цепи передачи сигналов и разомкнутыми.

В замкнутых САР в процессе функционирования непрерывно или периодически на вторичный прибор поступают сигналы, определяющие величину регулируемого параметра, а в разомкнутых САР такая информация отсутствует. Таким образом, разомкнутая САР не контролирует поведение объекта регулирования.

К разомкнутым системам можно отнести САР, предназначенные для обеспечения заданного теплового режима в помещении в зависимости от температуры наружного воздуха (рис. 8.8).

Система функционирует следующим образом: при изменении температуры наружного воздуха с помощью чувствительного элемента – датчика 1 сигнал преобразуется в удобный для дальнейшей обработки и сравнивается с выработаемым датчиком сигналом сравнения. Последний определяется заданным регулятору законом изменения регулируемого параметра – зависимости температуры воды, подаваемой в систему отопления, от температуры наружного воздуха. Разность сравниваемых сигналов в регуляторе 2 усиливается, и вырабатывается командный сигнал, который через исполнительное устройство открывает или закрывает вентиль у прибора отопления, увеличивая или уменьшая, таким образом, подачу воды и изменяя поступление теплоты в помещение.

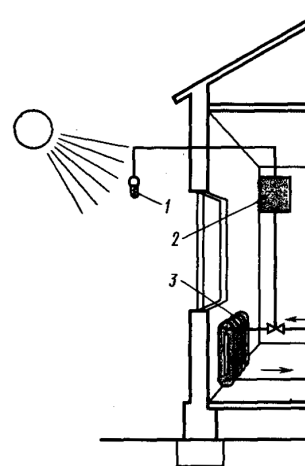


Рис. 8.8. Схема системы автоматического регулирования температуры t_v воздуха в помещении в зависимости от температуры t_n наружного воздуха: 1 – датчик температуры; 2 – регулятор; 3 – прибор отопления

ТЕМА 9. ЗДАНИЯ С ЭФФЕКТИВНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ

9.1. Использование энергии солнца

Архитектурные решения зданий и сооружений всегда являются результатом компромисса между противоречивыми требованиями, которые обязан учитывать архитектор. Это художественная выразительность объемно-пространственного решения, новизна облика и одновременно экономичность строительства и эксплуатации зданий, эффективность вложения инвестиций, долговечность, ремонтпригодность. Среди набора приемов, придающих домам индивидуальность, – их ориентация и форма, цвет, архитектурные детали в виде рельефа наружной поверхности, комбинации стекла, стали, бетона на фасадах. Опираясь ими, архитектор не вправе упускать из виду влияние этих факторов на энергоэффективность здания, т. к. к затратам на его возведение прибавятся эксплуатационные – на стоимость дополнительной энергии, связанной с архитектурными решениями.

Солнечное теплоснабжение зданий основано на применении двух принципиальных схем – **пассивного** и **активного** использования энергии солнца.

Пассивными называются системы, в которых в качестве элемента, воспринимающего солнечную радиацию и преобразующего ее в теплоту, служит само здание или его отдельные ограждения (здание-коллектор, стена-коллектор, кровля-коллектор) (рис. 9.1). Здание с пассивным использованием энергии солнца можно определить как климатически сбалансированное здание, в котором максимально используется теплота солнечной радиации для обогрева помещений без применения специальных технических устройств. Задача проектирования здания с пассивным использованием энергии солнца состоит в применении научно обоснованных взаимосвязанных архитектурно-конструктивных и объемно-планировочных мероприятий, способствующих утилизации теплоты солнечной радиации в тепловом балансе помещения в холодный период года и не приводящих к перегреву помещения в теплый период года. Архитектору следует иметь в виду: наибольший эффект экономии энергии достигается в здании с одновременным сбалансированным использованием активных и пассивных систем утилизации энергии солнца.

Очевидно, что задача проектирования многоэтажных гражданских зданий с пассивными приемами по использованию теплоты солнечной радиации для снижения расхода энергии на обогрев помещений должна ре-

шаться при научно обоснованном выборе: ориентации здания; степени остекления наружных ограждений; местоположения светового проема в наружном ограждении и соотношения длины и высоты проема; способа регулирования тепло- и солнцезащиты заполнения светового проема; тепло-технических показателей материалов внутренних поверхностей помещения. Рациональной можно считать такую ориентацию здания, которая обеспечивает максимальные тепlopоступления от солнечной радиации в холодный период года. Планировочное решение должно обеспечивать максимальные тепlopоступления в жилые помещения. Для южных районов рекомендуется принимать здания широтной ориентации, вытянутые в плане, чтобы обеспечить наибольшие поступления теплоты солнечной радиации в холодный период и наименьшие – в теплый период. В теплый период года не должно наблюдаться перегрева помещений, борьба с которым достигается применением архитектурно-конструктивных и объемно-планировочных солнцезащитных мероприятий. Например, спальные комнаты следует размещать так, чтобы они освещались солнцем в утренние часы, а остальные жилые комнаты – в дневные часы. Если летом спальные комнаты будут нагреваться солнцем в предвечерние часы, то ночью их трудно будет охлаждать.

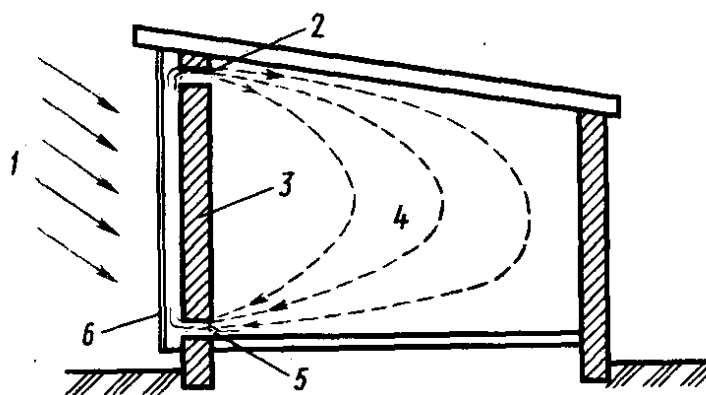


Рис. 9.1. Пассивное использование энергии солнца

Для обеспечения наибольших поступлений теплоты солнечной радиации в холодный период года световые проемы следует ориентировать на юг, а для защиты от поступлений теплоты солнечной радиации в теплый период года их следует оборудовать солнцезащитными устройствами. Особенно эффективно применение наружных и межстекольных теплоемких солнцезащитных устройств типа ставень или экранов из теплоизоляционных материалов, которые в холодный период года в ночное время обеспечивают дополнительную теплозащиту и снижение суточного расхода энергии на обогрев помещения до 20 %.

Для ограждений южной ориентации с целью увеличения поступлений теплоты от солнечной радиации в холодный период года при низком стоянии солнца и уменьшении поступлений теплоты от солнечной радиации в теплый период года при высоком стоянии солнца целесообразно проектировать световые проемы, ширина которых больше высоты.

Увеличение коэффициента остекления ограждений южной ориентации с одновременным применением теплостойкой регулируемой солнцезащиты способствует улучшению суточного теплового баланса помещения. Однако увеличение коэффициента остекления сверх нормативных требований является недопустимым в общем случае. Широкое распространение в малоэтажном строительстве получила схема пассивного использования энергии солнца – конструкция Тромба – Мишеля. Эта конструкция реализуется следующим образом: у наружной ограждающей конструкции, ориентированной на юг, устраивают экран из одно- или двухслойного остекления так, что между слоями стекла образуются воздушные прослойки. Нагретый воздух из воздушной прослойки через специальные отверстия в верхней части стены поступает в помещение, которое обогревает, охлаждаясь при этом, и через специальные отверстия в нижней части стены возвращается в прослойку.

Активное использование солнечной энергии, в отличие от пассивного, основывается на применении гелиоустановок, преобразующих солнечную энергию в тепловую, используемую для теплоснабжения зданий. В простейшем случае гелиоустановка состоит из солнечного коллектора, утилизирующего солнечную энергию, и теплового аккумулятора. Теплоноситель (вода или воздух) нагревается, протекая через коллектор, и затем поступает в систему теплоснабжения здания и в тепловой аккумулятор, где отдает теплоту теплоаккумулирующему веществу. Тепловой аккумулятор выполняет функцию теплоисточника в периоды отсутствия солнечной радиации. Гелиоустановки классифицируются по следующим признакам: по способу преобразования солнечной энергии (кроме непосредственного нагрева теплоносителя известны электрохимический, фотоэлектрический, барогальванический и др.); по форме солнечного коллектора – плоские коллекторы и концентрирующие (с различной степенью концентрации); по типу теплоносителя (вода, воздух).

Системы солнечного теплоснабжения требуют устройства солнечных коллекторов, располагаемых, как правило, на крышах или вертикальных ограждениях, имеющих южную ориентацию. Площадь солнечного коллектора ориентировочно составляет около 1 м^2 на каждые 2 м^2 площади

здания, т. е. солнечный коллектор становится значительным формообразующим элементом здания. Кроме того, поверхность солнечного коллектора может выполняться гладкой, волнистой, рифленой или трубчатой, к тому же черного цвета для лучшего восприятия солнечной энергии. Понятно, что такой крупногабаритный элемент должен являться органической частью здания. Традиционное размещение коллектора на крыше позволяет несколько уменьшить как стоимость крыши, так и стоимость коллектора. Однако это может вызвать некоторую монотонность застройки, поэтому в ряде случаев приходится идти на размещение коллекторов на земле, хотя это и менее рационально с точки зрения использования площади застройки.

В случае установки на здании вместо солнечных коллекторов солнечных концентраторов, как правило, параболических, задача архитектора упрощается, так как их можно расположить на плоской крыше, т. е. сделать их невидимыми с земли и не влияющими на зрительное восприятие здания в целом.

Основой гелиосистемы является солнечный коллектор – солнечные лучи проходят через безопасное солярное стекло с хорошей пропускной способностью и попадают на высокоэффективное селективное покрытие абсорбера. При помощи незамерзающего теплоносителя тепло передается в бак-накопитель (рис. 9.2) или непосредственно на теплоприемник.

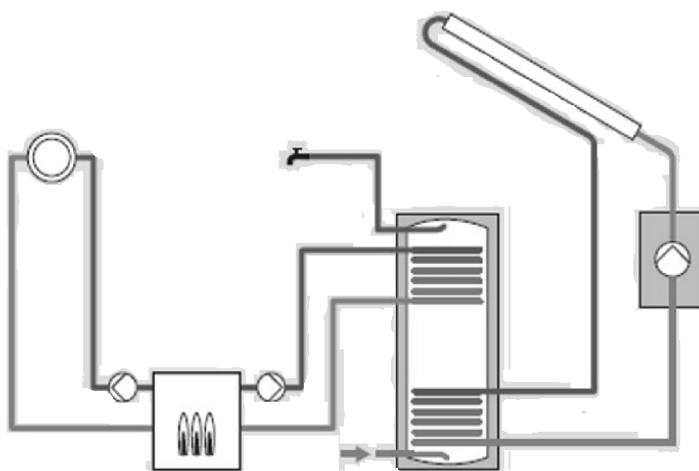


Рис. 9.2. Гелиосистема с емкостным водонагревателем

Гелиосистема в большинстве случаев не является единственным источником тепла, для нагрева воды в баке в качестве дополнительного источника тепла необходимы, например, камин, котел или электрический

ТЭН. Эти источники используются в основном в то время, когда долго нет солнца, или в зимние месяцы, когда интенсивность солнечного излучения снижается. В центрально-европейских климатических условиях гелиосистемы чаще всего используются для нагрева воды, дежурного отопления зданий и нагрева воды в бассейнах. Непосредственно перед монтажом необходимо правильно выбрать схему гелиосистемы в зависимости от того, для какой цели она будет служить. Чаще всего коллекторы устанавливаются на южной стороне незатененной, наклонной или ровной кровли. Если такой крыши нет, коллекторы можно разместить также на фасадах зданий или на других подходящих поверхностях.

Преимущество инсталляции в новых домах состоит в том, что там не делается стандартное распределение горячей воды, а существует возможность дополнительных ответвлений, которые ведут, например, к стиральной или к посудомоечной машине.

9.2. Использование биоконверсии для теплоснабжения

Ликвидация бытовых отходов, особенно органических, представляет собой серьезную проблему с точки зрения охраны окружающей среды. Одновременно они являются ценнейшим сырьем для получения горючего газа (метана) и комплексного удобрения для сельского хозяйства. Получение метана происходит в перегнивателях, называемых биореакторами, которые могут быть периодического и непрерывного действия (рис. 9.3).

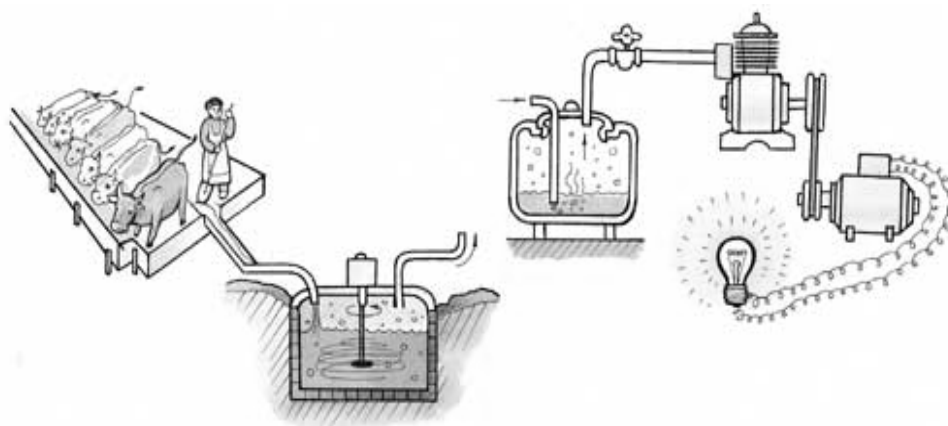


Рис. 9.3. Схема биореактора для получения биогаза

Биореактор периодического действия загружают отходами периодически или порционно, некоторое время в нем идет процесс сбраживания без доступа кислорода, в результате чего образуется метан. После оконча-

ния выделения газа реактор освобождают и загружают снова. Такая периодичность в получении газа затрудняет его непрерывное использование, что заставляет одновременно эксплуатировать несколько биореакторов, обеспечивающих непрерывную подачу газа.

В биореактор непрерывного действия отходы подаются равномерными порциями, поэтому выделение газа осуществляется непрерывно.

Основной задачей архитекторов при проектировании таких объектов является комплексное сочетание установок, размещение которых возможно в специальных пристройках или в подвале хозяйственной надворной пристройки.

9.3. Использование низкопотенциальных альтернативных источников энергии и энергии ветра

Перспективным направлением в теплоснабжении зданий является использование низкопотенциальных источников энергии в тепловых насосах. К наиболее распространенным низкопотенциальным источникам относятся: подогретая сбросная вода, вода геотермальных источников, а также естественных водоемов; теплота, запасенная грунтом и грунтовыми водами, наружный воздух и т. д. Непосредственное использование теплоты низкопотенциальных (слабонагретых) источников в большинстве случаев не представляется возможным. Поэтому необходимо поднять его потенциал, т. е. повысить температуру. Для этих целей применяют тепловые насосы (ТН), которые помимо отопления и горячего водоснабжения могут обеспечить также охлаждение помещений в летнее время. Тепловой насос состоит из следующих основных элементов: испарителя, компрессора, конденсатора, дроссельного вентиля.

Наиболее удобным источником теплоты является вода. Она обеспечивает высокие значения коэффициента передачи теплоты. Водные источники теплоты из сравнительно глубоких слоев почвы имеют температуру, близкую к среднегодовой температуре наружного воздуха. Это выгодно отличает воду от воздуха и обеспечивает высокие среднегодовые показатели коэффициента преобразования. При использовании открытых водоемов необходимо тщательно изучить их температурный режим в течение всего отопительного периода, учитывая опасность обмерзания стенок испарителя. Наиболее целесообразно применение в качестве низкопотенциальных источников теплоты отходов теплой воды тепловых электростанций, канализационных сетей, естественных горячих источников.

В районах с большими среднегодовыми скоростями ветра (более 6 м/с) целесообразно использовать для теплоснабжения зданий энергию, получаемую с помощью ветроэнергетической установки. Количество энергии, которое можно получить от ветра, прямо пропорционально скорости потока в третьей степени. Другими словами, если скорость ветра возрастет в 2 раза, то количество энергии, которое можно будет получить, возрастет в 8 раз. Большие возможности в использовании энергии ветра открываются при целенаправленном учете ландшафта местности, способствующего и помогающего организации направленных потоков ветра. Использование энергии ветра многообразно. Она может быть преобразована в электрическую, тепловую или механическую энергию. Однако в любом случае, учитывая непостоянство ветра, эта энергия должна каким-либо способом аккумулироваться для ее использования в безветренные периоды времени.

9.4. Здания с эффективным использованием энергии

Наибольший эффект экономии энергии может быть достигнут за счет реализации новых идей – регулирования теплового режима зданий с помощью ЭВМ и использования нетрадиционных видов энергии (альтернативных источников) для теплоснабжения зданий.

Экспериментальные здания, содержащие комплекс научно обоснованных решений, направленных на экономию энергии, затрачиваемой на обогрев зданий в холодное время года и на их охлаждение в теплое время года, получили название **энергоэкономичных**, или **зданий с эффективным использованием энергии**. Предполагается, что результаты экспериментов в дальнейшем будут использованы в типовом проектировании.

Мероприятия по совершенствованию архитектурных и объемно-планировочных решений зданий и их помещений включают в себя: уплотнение застройки жилых районов и микрорайонов; увеличение протяженности и ширины корпуса здания; оптимизацию этажности; относительное уменьшение периметра здания, в первую очередь – за счет сокращения количества лоджий, входящих в теплый контур; применение компактной планировки массовых видов общественных зданий – детских садов, яслей, школ, магазинов. Например, увеличение протяженности дома с 4 до 10 секций влечет снижение удельного расхода теплоты на отопление до 5...7 %; увеличение ширины корпуса с 12 до 15 м дает 9...10 % экономии

теплоты; повышение этажности здания с 5 до 9 этажей – 3...5 %. Увеличение ширины корпуса является одним из наиболее эффективных архитектурных средств сокращения удельных теплопотерь зданий. На общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции оказывает влияние ориентация здания по странам света. Фасады зданий, ориентированные на направления от северо-западного до северо-восточного, в противоположность фасадам, ориентированным на направления от юго-восточного до юго-западного, не получают заметного притока теплоты от солнечной радиации в холодное время года. Поэтому при проектировании зданий, отличных от прямоугольной модульной сетки, следует стремиться к тому, чтобы на север была ориентирована наименьшая поверхность фасадов. Однако в летнее время в южных районах фасады зданий от юго-восточной до юго-западной ориентации должны иметь эффективную солнцезащиту заполнения световых проемов, чтобы они не являлись источниками больших теплопоступлений и не вызывали значительных расходов энергии на систему кондиционирования. Ориентация здания должна быть увязана с господствующим в районе строительства направлением ветра. Здания, ориентированные протяженными фасадами к господствующим в зимнее время направлениям ветра, обладают повышенными теплопотерями, а в летнее время требуют больше затрат энергии на кондиционирование воздуха. Предпочтительная ориентация и габариты здания выявляются путем расчета оптимальных размеров здания и удельных затрат энергии на его обогрев и охлаждение с учетом теплоты солнечной радиации, падающей в течение года на различно ориентированные поверхности наружных ограждающих конструкций, и господствующего направления ветра.

Из всех ограждающих конструкций наибольшее влияние на тепловые потери здания оказывают окна. В современных зданиях теплопотери через окна составляют более 50 % теплопотерь через наружные ограждения, а теплопотери через 1 м окна в 2,5...3 раза больше, чем через 1 м² стены.

Эффективным способом экономии энергии, затрачиваемой на обогрев помещения в холодное время года и на охлаждение помещения в теплое время, является использование так называемых вентилируемых окон. Вентилируемые окна в отличие от традиционных конструкций, имеющих замкнутую воздушную прослойку между стеклами, имеют сверху и внизу окна щели, через которые движется (вентилируется) внутренний воздух. В холодное время года теплый внутренний воздух, проходя между стеклами, обогревает их, а в теплое время года охлажденный внутренний воздух,

проходя между стеклами, охлаждает их. Потери тепла в холодное время года через конструкцию вентилируемого окна примерно в три – шесть раз меньше, чем через конструкцию аналогичного традиционного окна.

Область применения вентилируемых окон ограничена зданиями с системами воздушного отопления, совмещенного с вентиляцией. Кроме того, вентилируемый воздух не должен иметь высокое влагосодержание (или высокую относительную влажность), так как это будет приводить к выпадению конденсата в холодное время года на поверхностях стекол, омываемых воздухом.

Здание, в котором имеется установка кондиционирования воздуха или установки механической вентиляции, принципиально отличается по структуре затрат от здания без этих установок. В таком здании имеют место существенно высокие эксплуатационные затраты на энергию.

Одним из путей повышения эффективности работы системы отопления и вентиляции является использование тепловых вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), содержащихся в воздухе, удаляемом системами местной и общеобменной вентиляции, и теплоты от технологических установок, передаваемых в виде теплоносителей, пригодных для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Основным потребителем теплоты ВЭР воздуха вытяжных местных и общеобменных систем вентиляции являются системы приточной вентиляции и кондиционирования воздуха производственных и общественных зданий. Это определяется большой разностью энтальпий выбрасываемого и нагреваемого воздуха, дающей возможность использовать теплоту, имеющую сравнительно низкую температуру.

Большой эффект по использованию теплоты ВЭР в производственных зданиях может быть получен от экономайзеров, встроенных в технологическое оборудование, дающих теплоносители более высоких параметров (400...500 °С) по сравнению с теплоутилизаторами, достраиваемыми к печам и другому оборудованию, в которые газ поступает с более низкой температурой (150... 200 °С) за счет подмешивания внутреннего воздуха. При использовании экономайзеров, встроенных в технологическое оборудование, производительность вентиляторов, поверхность теплообмена и металлоемкость системы в целом значительно уменьшаются. Для максимального использования теплоты воздуха, выбрасываемого общеобменными вентиляционными системами, следует отказаться от выбросов через фонари и обычные крышные вентиляторы.

Помимо утилизации теплоты вентилируемого воздуха применение системы по использованию тепловых ВЭР дает экономический эффект:

а) от централизации размещения вентиляционного оборудования, дающей возможность сократить обслуживающий персонал, применить более совершенные теплоутилизаторы и повысить эффективность защиты атмосферы от загрязнений, организовав выброс воздуха через высокие шахты за пределы циркуляционных зон, возникающих в результате действия ветра на здания;

б) от организации приема наружного воздуха непосредственно над кровлей зданий через жалюзи, избегая постройки дорогостоящих галерей, тоннелей или коробов, которые обычно требовались для приема наружного воздуха с фасадных сторон зданий.

Проектирование здания с эффективным использованием энергии включает, как правило, разработку инженерного оборудования по использованию теплоты солнечной радиации. Солнечные коллекторы, расположенные на крыше здания, собирают теплоту солнечной радиации и с помощью теплоносителя передают эту теплоту частично для подогрева приточного воздуха, частично в аккумулятор. В теплый период года использование солнечных коллекторов позволит, с одной стороны, обеспечить подогрев горячей воды при использовании абсорбирующей системы кондиционирования воздуха, с другой стороны, – создать запас теплоты в системе аккумуляции.

Управление работой инженерного оборудования здания с целью оптимизации затрат энергии на обогрев и охлаждение помещений выполняется микропроцессорной автоматизированной системой.

ТЕМА 10. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

10.1. Назначение автоматического контроля. Классификация контрольно-измерительных приборов

Для качественного ведения любого технологического процесса необходим контроль характерных величин, называемых параметрами процесса.

В системах теплогазоснабжения основными параметрами являются температура, потоки теплоты, влажность, давление, расход, уровень жидкости и некоторые другие. Наблюдение за параметрами осуществляется с помощью измерительных приборов.

Суть измерения – получение количественной информации о параметрах путем сравнения текущего значения технологического параметра с некоторым его значением, принятым за единицу.

Совокупность устройств, с помощью которых выполняются операции автоматического контроля, называется **системой автоматического контроля (САК)**.

Основными функциями САК являются восприятие контролируемых параметров с помощью датчиков, реализация заданных требований к контролируемому объекту (норм или значений установок), сопоставление параметров с нормами, формирование отчета о состоянии объекта контроля (на основании анализа сопоставления) и выдача результатов контроля [26].

Измерительный прибор конструктивно чаще всего разделяют на три самостоятельных узла: датчик, измерительное устройство и указатель (или регистратор), которые могут размещаться отдельно друг от друга и соединяться между собой кабелем или другой линией связи.

Датчик прибора для измерения той или иной величины представляет собой конструктивную совокупность нескольких измерительных преобразователей, размещаемых непосредственно у объекта измерения.

Используя дистанционную передачу, остальную часть измерительной аппаратуры (измерительные цепи, усилитель, источники питания и т. д.), называемую обычно **измерительным устройством**, выполняют в виде самостоятельного конструктивного узла, который может быть размещен в более благоприятных условиях. Требования к **указателю** (регистратору) измерительного прибора определяются удобством использования полученной информации.

В САК датчик называют первичным прибором. Измерительное устройство и указатель образуют вторичный прибор. В качестве вторичных приборов, например, широко используют автоматические потенциометры,

которые преобразуют измеряемые электрические и неэлектрические величины в напряжение или ЭДС постоянного тока.

По принципу действия датчики, применяемые в электрических САК, можно разделить на две группы: параметрические и генераторные.

В параметрических датчиках (термосопротивлениях, фотосопротивлениях, емкостных датчиках) контролируемая величина преобразуется в параметр электрической цепи – сопротивление, индуктивность, емкость, взаимную индуктивность. Для фиксации изменения параметра цепи под действием контролируемой величины необходимы вспомогательные источники электрической энергии.

В генераторных датчиках различные виды энергии непосредственно преобразуются в электрическую. К генераторным относятся термоэлектрические датчики (термопары), индукционные, основанные на явлении электромагнитной индукции, пьезоэлектрические, фотоэлектрические и т. п.

По виду выходной величины датчики, применяемые в САК, можно разделить на группы, в которых контролируемый параметр преобразуется в следующие величины:

- омическое сопротивление;
- емкость;
- индуктивность;
- величина постоянного тока (напряжения);
- амплитуда переменного тока (напряжения) и т. д.

По виду входных величин датчики, используемые в системах энергоснабжения, разделяют на следующие основные группы [23]:

- датчики температуры и потоков теплоты;
- датчики влажности и энтальпии влажного воздуха;
- датчики уровня;
- датчики давления;
- датчики расхода;
- датчики для анализа состава вещества.

10.2. Классификация и назначение систем телемеханики

Телемеханикой называют область техники, охватывающую теорию и практику устройств передачи информации и управления на расстоянии. В ряде случаев функционально телемеханические системы дополняют системы автоматизации, совместно решая общую задачу контроля и управления системами энергоснабжения [25].

Следует различать две стадии телемеханизации: телемеханизацию централизованного контроля и телеавтоматизацию управления. В первом случае контроль и управление объектами, находящимися на расстоянии, сосредоточиваются в центральном пункте, однако само управление осуществляется человеком (диспетчерское управление). Для крупных объектов задачи диспетчерского управления настолько сложны, что возникают задачи автоматизации самого диспетчерского управления.

При телеавтоматизации, т. е. сочетании автоматизации и телемеханизации, из центрального пункта осуществляется автоматическая координация работ автоматизированных объектов, разделенных расстоянием и являющихся частью общей автоматизированной системы. В частности, телеавтоматизация может применяться совместно с управляющей машиной. В этом случае системы телемеханики вводят в управляющую машину информацию о ходе производственного процесса на отдельных участках и передают этим участкам команды, выработанные управляющей машиной.

Устройства телемеханики, применяемые в системах энергоснабжения, выполняют следующие функции: телеизмерение (ТИ) – передача на расстояние значений величин, характеризующих режим работы контролируемых установок; телеуправление (ТУ) – передача на расстояние импульсов управления, воздействующих на исполнительные механизмы управляемых установок; телесигнализация (ТС) – передача на расстояние сигналов о состоянии контролируемых объектов или служебных сигналов другого назначения.

Телеизмерение может осуществляться с помощью систем ближнего действия (на расстояниях до 15 км) и систем дальнего действия (на расстояниях до сотен километров, особенно в системах газоснабжения и больших тепловых сетей). В системах ближнего действия, основанных на методе интенсивности, измеряемая величина преобразуется в значение силы тока или напряжения, передаваемое по линии связи. В системах дальнего действия измеряемая величина передается с помощью электрических импульсов постоянного тока или изменяющейся частоты переменного тока.

В системах энергоснабжения телеизмерение применяют для передачи значений параметров, характеризующих режим работы отдельных элементов и системы в целом, на соответствующий диспетчерский пункт. К таким параметрам относятся: текущее значение температуры и влажности воздуха, давление газа, пара, горячей и холодной воды, расход воды, передаваемые по магистральным сетям; давление, развиваемое насосными агрегатами; давление в основных точках газовой, паровой или водяной се-

ти, характеризующее состояние конкретной системы; уровень воды в резервуарах (баках-аккумуляторах) систем холодоснабжения и другие параметры.

Телеуправление позволяет с помощью передаваемых импульсов воздействовать на исполнительные механизмы управляемых объектов. Средства телеуправления используют для пуска и остановки на расстоянии (из диспетчерского пункта) насосных агрегатов, закрытия, открытия и регулирования степени открытия задвижек, включения и отключения вентиляторов и др. Возможность осуществления этих операций на расстоянии позволяет диспетчеру без помощи дежурного персонала быстро вводить в действие или выводить из работы соответствующие агрегаты, когда этого требует режим работы системы. В аварийных условиях средства телеуправления позволяют диспетчеру быстро производить необходимые переключения с целью локализации аварии (например, в газовых сетях).

Телесигнализация используется для автоматической передачи сигналов о состоянии определяющих параметров систем энергоснабжения, насосных агрегатов, задвижек, фильтров и других агрегатов. С помощью средств телесигнализации на мнемонической схеме системы, воспроизведенной на щите диспетчерского пункта, непрерывно указывается состояние элементов оборудования системы, а также любое изменение положения запорной или регулирующей арматуры либо изменение параметров как в процессе нормальной эксплуатации, так и во время предаварийных или аварийных ситуаций. Это позволяет диспетчеру ориентироваться при производстве оперативных переключений, особенно во время аварии, не прибегая к телефонным переговорам с обслуживающим персоналом.

Диспетчеризация автоматизированных систем энергоснабжения предусматривает:

- централизованное оперативное управление отдельных систем;
- централизованный контроль параметров, характеризующих работу систем в целом;
- централизованную сигнализацию работы систем как в нормальных режимах, так и в предаварийных и аварийных ситуациях.

Диспетчеризация должна обеспечивать:

- повышение оперативности контроля и управления;
- полное или частичное сокращение дежурного персонала у оборудования и местных щитов автоматизации;
- экономию всех видов энергии;
- оперативное устранение неисправностей и ликвидацию аварий.

10.3. Диспетчеризация систем энергоснабжения

Диспетчеризация систем энергоснабжения осуществляется с применением телемеханики по одно-, двух- и трехступенчатой схеме. В последнем случае имеются один центральный и несколько местных диспетчерских пунктов.

На пультах управления объем диспетчерского контроля должен предусматривать замер основных регулируемых параметров. Установку регистрирующих контрольно-измерительных приборов на диспетчерском пункте следует предельно ограничивать; автоматические регуляторы выносить на диспетчерский пункт не рекомендуется. На пункт диспетчера рекомендуется выносить один общий сигнал о включении той или иной установки (например, кондиционера, холодильной машины) и сигнал аварийной ситуации.

Пункты управления оснащаются щитовыми устройствами – щитами и пультами управления. Щитовые устройства представляют собой конструкции с установленными на них измерительными приборами и средствами автоматизации, сигнальными устройствами, средствами управления и мнемоническими схемами. Основное назначение щитов автоматизации – централизация средств контроля и управления агрегатом, технологической установкой или целым комплексом установок [26].

По объему обслуживаемого оборудования щиты делятся на местные, агрегатные, блочные и центральные. На местном щите устанавливается аппаратура контроля и управления, необходимую для оператора, находящегося около технологического оборудования. Агрегатный щит предназначен для установки аппаратуры контроля и управления одним агрегатом или группой однотипных агрегатов, расположенных в одном помещении. Блочный щит предназначен для обслуживания взаимосвязанных технологических агрегатов, сблокированных в единую комплексную установку. Центральный щит обеспечивает контроль и управление технологическим процессом в целом.

10.4. Системы управления инженерным оборудованием зданий

Автоматизированные системы управления (АСУ) появились на базе использования автоматических регуляторов, которые, развиваясь, усложнялись, использовали новые принципы регулирования и, наконец, потребовалось использовать ЭВМ, допускающие оперативное вмешательство че-

ловека в процесс управления. Таким образом, АСУ – это человеко-машинная система, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления. Сбор и обработка информации в АСУ автоматизированы и осуществляются без участия человека с помощью ЭВМ. Человека, функционирующего в АСУ, обычно называют оператором или диспетчером. Оператор анализирует поступающую информацию и при необходимости вмешивается в процесс управления.

На рис. 10.1 показан состав технических средств автоматизированной системы управления инженерным оборудованием здания. Функционально автоматизированная система управления состоит из трех взаимосвязанных частей:

1) **измерительно-опознавательной части**, осуществляющей «чтение» показателей потоков энергии и массы (температура, скорость, расход, влажность, интенсивность излучения и т. п.), сигнализаторов предельных значений и индикаторов положения исполнительных органов и устройств преобразования в цифровую форму;

2) **центральной части** сбора и обработки данных и подачи команд на исполнительные механизмы регулирования, включающей в себя линию связи 6, коммутатор 7, вычислительный комплекс 8, пульт управления оператора-программиста 9. Коммутатор осуществляет прием данных от измерительно-опознавательной части, выбор информации и передачу ее в ЭВМ. Вычислительный комплекс, включающий мини-ЭВМ с набором специально созданных программ, осуществляет функционирование всей системы. Пульт управления позволяет оператору-программисту наблюдать процессы, выполняемые системами инженерного оборудования здания, и при необходимости вмешиваться в их работу;

3) **исполнительной части**, осуществляющей через специальные устройства 2 регулирование механизации инженерного оборудования здания.

Система функционирует следующим образом: периодически от датчиков измерений, расположенных в различных местах здания, информация поступает через подстанции и концентратор в запоминающее устройство ЭВМ, где обрабатывается и сравнивается с заданной на данный момент времени информацией. В случае отклонений программно вырабатываются необходимые сигналы, которые через концентратор и подстанции подаются на исполнительные механизмы инженерного оборудования. Обслуживающий персонал может в любой момент получить на экране пульта управления данные по любой точке объекта, включая и инженерное обо-

рудование, и при необходимости вмешаться в его работу. Система немедленно сообщает о наличии аварийной ситуации (например, неисправном кондиционере, падении давления в трубопроводе, возникновении пожара и т. п.), диагностирует эту неисправность и дает рекомендации по ее исправлению. Так как данные об измерениях и вычислениях накапливаются в ЭВМ, то в любой момент они могут быть выведены на печать. Таким образом можно анализировать работу инженерного оборудования здания, эффективность его использования, теплотребления, экономию энергии и т. д.

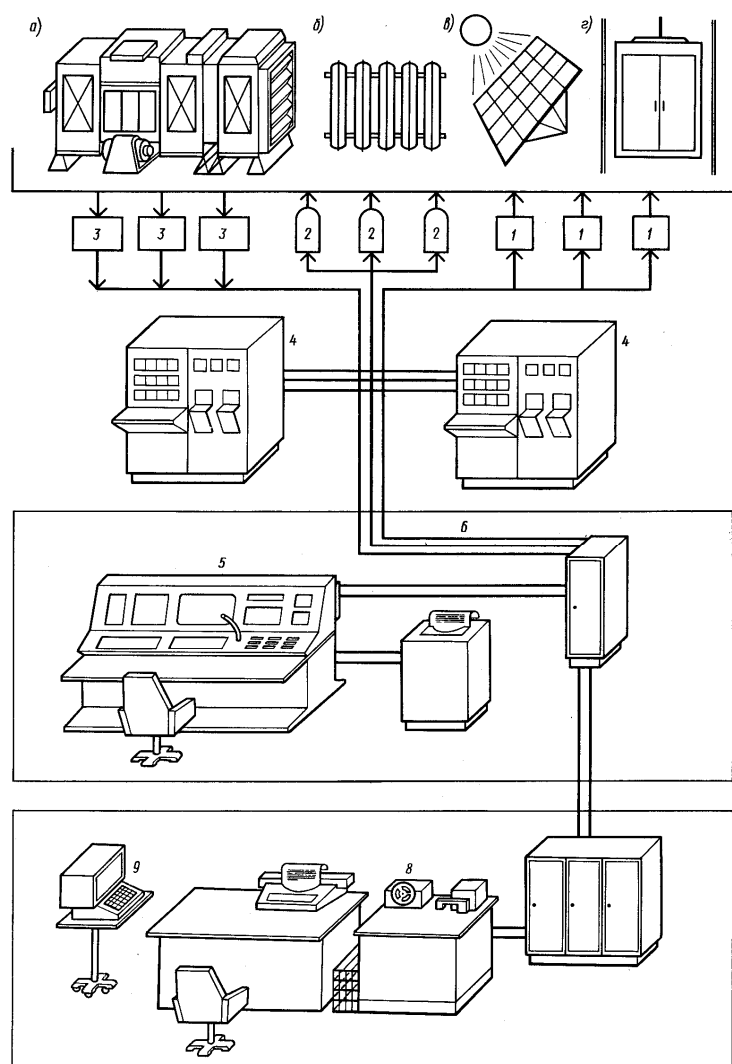


Рис. 10.1. Комплекс технических средств автоматизированной системы управления инженерным оборудованием здания: *а* – кондиционер; *б* – прибор отопления; *в* – солнечный коллектор; *г* – лифт; 1 – датчики для измерения показателей потоков энергии и массы; 2 – датчики индикаторов положения исполнительных органов и устройств; 3 – двухпозиционные органы; 4 – местные щиты управления; 5 – пульт оператора; 6 – линии связи; 7 – коммутатор; 8 – вычислительный комплекс; 9 – пульт управления оператора-программиста

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

Общее время – 14 часов.

Практическое занятие № 1. Формирование микроклимата помещений (семинар). Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций (примеры №№ 1, 2, 3).

Практическое занятие № 2. Выбор организации воздухообмена в зальных помещениях общественных зданий, в помещениях промышленных предприятий (семинар).

Практическое занятие № 3. Расчет теплового баланса и воздухообменов в теплый и холодный периоды года для зальных помещений. Конструирование и расчет системы отопления зрительного зала (примеры №№ 4, 5).

Практическое занятие № 4. Конструирование и расчет системы вентиляции и кондиционирования зрительного зала. Подбор оборудования систем вентиляции и кондиционирования, определение размеров сечения воздуховодов, вентиляционных решеток, шумоглушителей (пример № 6).

Практическое занятие № 5. Тепловой баланс жилого дома в зимний период года. Расчет основных и добавочных теплопотерь через ограждения помещения. Расчет потерь теплоты на нагревание инфильтрующегося через наружные ограждения воздуха. Расчет тепловыделений в помещении. Расчет теплового баланса помещения (пример № 7).

Практическое занятие № 6. Определение установочной тепловой мощности отопительных приборов и системы отопления. Конструирование системы водяного отопления. Расчет температуры и количества элементов отопительных приборов однотрубной системы водяного отопления. Расчет температуры и количества элементов отопительных приборов двухтрубной системы водяного отопления (пример № 8).

Практическое занятие № 7. Проектирование энергоэффективных фасадов и планировочной структуры здания с помощью некоторых принципов биоклиматической и солнечной архитектуры. Формирование мусороудаления и ливневой канализации в многоэтажном жилом доме (семинар).

Пример № 1

Определить толщину утеплителя (маты минераловатные, $\rho = 125 \text{ кг/м}^3$) и сопротивление теплопередаче наружной стены из кирпича силикатного, $\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$, здания, расположенного в г. Полоцке (рис. 1).

Решение. Термическое сопротивление слоя многослойной конструкции R_i , $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, определяется по формуле

$$R_i = \delta_i / \lambda_i, \quad (1)$$

где δ_i – толщина слоя, м; λ_i – коэффициент теплопроводности материала однослойной или теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции, $\text{Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

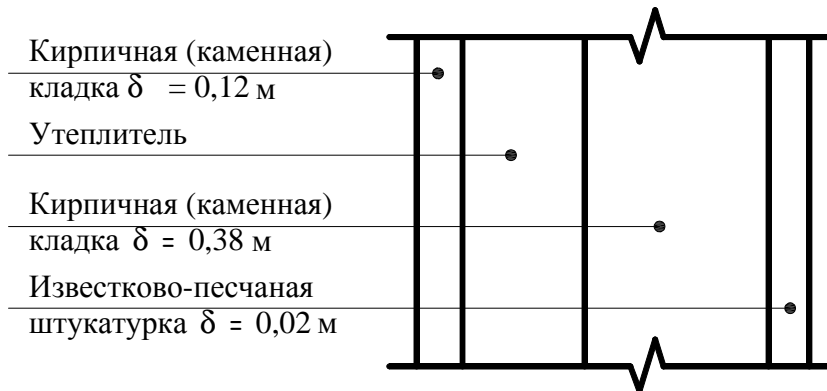


Рис. 1. Конструкция наружной стены из штучных материалов

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R , $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, определяется по формуле

$$R = \frac{1}{\alpha_g} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (2)$$

где R_1, R_2, R_3, R_4 – термические сопротивления отдельных слоев наружной стены, $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$; α_g – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$; α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$.

По [12, прил. А] по параметрам Б [12, табл. 4.2] принимаем значения коэффициентов теплопроводности λ , $\text{Вт/(м} \cdot \text{°C)}$, и теплоусвоения s , $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$, для каждого слоя наружной стены (табл. 1).

**Значения коэффициентов теплопроводности и теплоусвоения
для каждого слоя конструкции наружной стены**

Материал слоя	λ , Вт/(м·°С)	s , Вт/(м ² ·°С)
1. Кирпич силикатный, $\rho = 2000$ кг/м ³	1,63	12,13
2. Маты минераловатные, $\rho = 125$ кг/м ³	0,051	0,66
3. Известково-песчаная штукатурка	0,81	9,76

Принимаем по [12, табл. 5.4] коэффициент теплопроводности внутренней поверхности $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·°С), [12, табл. 5.7] – коэффициент теплопроводности наружной поверхности наружной стены $\alpha_{\text{н}} = 23$ Вт/(м²·°С).

Нормативное сопротивление теплопередаче наружной стены из штучных материалов принимаем равным $R_{T,норм}^{н.с.} = 3,2$ (м²·°С)/Вт, [12, табл. 5.1].

Расчетное сопротивление теплопередаче наружной стены, (м²·°С)/Вт, определяется по формуле

$$R_{T,расч}^{н.с.} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{1,63} + \frac{x}{0,051} + \frac{0,38}{1,63} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23}.$$

Приравняем это выражение к нормативному сопротивлению теплопередаче и выразим толщину утеплителя:

$$\frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{1,63} + \frac{x}{0,051} + \frac{0,38}{1,63} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 3,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}; \quad x = 0,138 \text{ м.}$$

Для расчета принимаем толщину утеплителя равной 0,15 м (округленную в большую сторону с точностью до 0,05 м).

Определим расчетное сопротивление теплопередаче наружной стены:

$$R_{T,расч}^{н.с.} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{1,63} + \frac{0,15}{0,051} + \frac{0,38}{1,63} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 3,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

Тепловая инерция ограждения D определяется по формуле

$$D = \sum R_i S_i = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} S_i, \quad (3)$$

где R_1, R_2, R_3, R_4 – термические сопротивления отдельных слоев конструкции наружной стены, м²·°С/Вт; s_1, s_2, s_3, s_4 – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев конструкции, Вт/(м²·°С).

Определим тепловую инерцию наружной стены:

$$D = \frac{0,12}{1,63} \cdot 12,13 + \frac{0,15}{0,051} \cdot 0,66 + \frac{0,38}{1,63} \cdot 12,13 + \frac{0,02}{0,81} \cdot 9,76 = 5,9.$$

Так как $D = 5,9$ входит в предел от 4 до 7 [12, табл. 5.2], то принимаем температуру наружного воздуха равной средней температуре наиболее холодных трех суток обеспеченностью 0,92 (среднее арифметическое между температурой наиболее холодных суток и температурой наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92).

$$\text{Для г. Полоцка } t_n = \frac{-30 + (-25)}{2} = -27,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Полученное значение сопротивления теплопередаче R ограждающей конструкции должно быть не менее требуемого сопротивления R^{mp} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяемого по формуле

$$R^{mp} = \frac{n(t_g - t_n)}{\alpha_g \Delta t_g}, \quad (4)$$

где t_g – расчетная температура внутреннего воздуха, $^\circ\text{C}$; t_n – расчетная зимняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$; n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху; α_g – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; Δt_g – расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, $^\circ\text{C}$.

Коэффициент n , учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, для наружной стены принимается равным 1 [12, табл. 5.3].

Расчетная температура внутреннего воздуха $t_g = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ [12, табл. 4.1].

Расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности, Δt_g , $^\circ\text{C}$, в соответствии с [12, табл. 5.5] принимаем для наружной стены равным 6.

Требуемое сопротивление теплопередаче наружной стены из штучных материалов определим по формуле

$$R_{T.Tp}^{н.с.} = \frac{1 \cdot (18 - (-27,5))}{8,7 \cdot 6} = 0,87 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Согласно [12, п. 5.1], должно выполняться следующее условие:

$$R_{T.Tr}^{H.C.} \leq R_{T.норм}^{H.C.} \leq R_{T.расч}^{H.C.}; \quad (5)$$

$$0,87 < 3,2 < 3,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Следовательно, для составления теплового баланса термическое сопротивление наружной стены принимаем $R_T^{H.C.} = 3,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Толщина конструкции наружной стены составит 670 мм.

Пример № 2

Определить толщину утеплителя (плиты полистирольные, $\rho = 50 \text{ кг}/\text{м}^3$) и сопротивление теплопередаче перекрытия над неотапливаемым подвалом здания, расположенного в г. Полоцке (рис. 2).

Решение. По [12, прил. А] по параметрам А [12, табл. 4.2] принимаем значения коэффициентов теплопроводности λ , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$, и теплоусвоения S , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, для каждого слоя перекрытия над неотапливаемым подвалом (табл. 2).

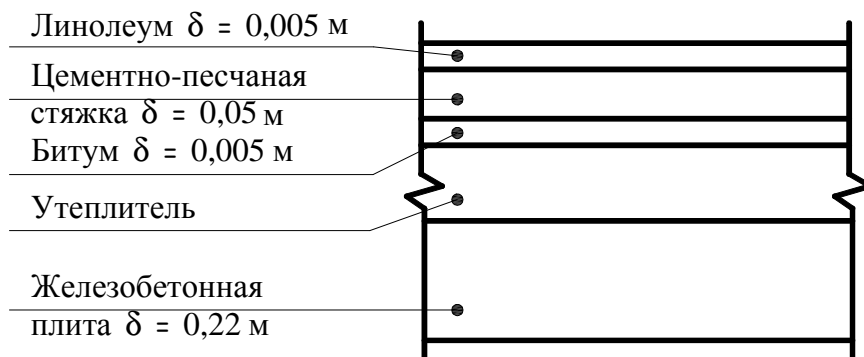


Рис. 2. Конструкция перекрытия над неотапливаемым подвалом

Таблица 2

Значения коэффициентов теплопроводности и теплоусвоения для каждого слоя конструкции перекрытия над неотапливаемым подвалом

Материал слоя	λ , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	S , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
1. Линолеум	0,38	8,56
2. Цементно-песчаная стяжка	0,76	9,6
3. Битум	0,27	6,8
4. Плиты полистирольные, $\rho = 50 \text{ кг}/\text{м}^3$	0,043	0,46
5. Железобетонная плита	1,92	17,98

Принимаем по [12, табл. 5.4] коэффициент теплопроводности внутренней поверхности $\alpha_g = 8,7$ Вт/(м²·°С), [12, табл. 5,7] – коэффициент теплопроводности наружной поверхности перекрытия над неотапливаемым подвалом $\alpha_n = 12$ Вт/(м²·°С).

Нормативное сопротивление перекрытия над неотапливаемым подвалом принимаем равным $R_{T.норм}^{подв.} = 2,5$ (м²·°С)/Вт, [12, табл. 5.1].

Расчетное сопротивление теплопередаче перекрытия над неотапливаемым подвалом, м²·°С/Вт, определяется по формуле

$$R_{T.расч}^{н.п.} = \frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{x}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_n}. \quad (6)$$

Приравняем это выражение к нормативному сопротивлению теплопередаче и выразим толщину утеплителя:

$$2,5 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,38} + \frac{0,05}{0,76} + \frac{0,005}{0,27} + \frac{x}{0,043} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{1}{12}, \quad x = 0,089 \text{ м.}$$

Для расчета принимаем толщину утеплителя равной 0,1 м (округленную в большую сторону с точностью до 0,05 м).

Определим расчетное сопротивление теплопередаче наружной стены:

$$R_{T.расч}^{н.п.} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,38} + \frac{0,05}{0,76} + \frac{0,005}{0,27} + \frac{0,1}{0,043} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{1}{12} = 2,74 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

Выполним расчет тепловой инерции перекрытия над неотапливаемым подвалом:

$$D = \frac{\delta_1}{\lambda_1} s_1 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} s_2 + \frac{\delta_3}{\lambda_3} s_3 + \frac{\delta_4}{\lambda_4} s_4 + \frac{\delta_5}{\lambda_5} s_5 = \\ = \frac{0,005}{0,38} \cdot 8,56 + \frac{0,05}{0,76} \cdot 9,6 + \frac{0,005}{0,27} \cdot 6,8 + \frac{0,1}{0,043} \cdot 0,46 + \frac{0,22}{1,92} \cdot 17,98 = 4,01.$$

Так как тепловая инерция D входит в интервал от 4 до 7 [12, табл. 5.2], то температура наружного воздуха равна средней температуре наиболее холодных трех суток (среднее арифметическое между температурой наиболее холодных суток и температурой наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92).

$$\text{Для г. Полоцка} \quad t_n = \frac{-30 + (-25)}{2} = -27,5 \text{ °С.}$$

Коэффициент n , учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, для перекрытия над неотапливаемым подвалом со световыми проемами принимается равным 0,75 [12, табл. 5.3].

Расчетная температура внутреннего воздуха $t_g = 18^\circ\text{C}$ [12, табл. 4.1].

Расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности, Δt_g , $^\circ\text{C}$, в соответствии с [12, табл. 5.5], принимаем для перекрытия над неотапливаемым подвалом равным 2.

Определяем требуемое сопротивление теплопередаче для перекрытия над неотапливаемым подвалом:

$$R_{T.Tr}^{н.п.} = \frac{0,75 \cdot (18 + 27,5)}{8,7 \cdot 2} = 1,96 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Согласно [12, п. 5.1], должно выполняться следующее условие:

$$R_{T.Tr}^{н.п.} \leq R_{T.норм}^{н.п.} \leq R_{T.расч}^{н.п.}; \quad (7)$$

$$1,96 < 2,5 < 2,74 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Следовательно, для составления теплового баланса термическое сопротивление перекрытия над неотапливаемым подвалом принимаем $R_{T.Tr}^{н.п.} = 2,74 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Толщина конструкции перекрытия над неотапливаемым подвалом составит 380 мм.

Пример №3

Определить толщину утеплителя (пенополиуретан, $\rho = 80 \text{ кг}/\text{м}^3$) и сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия здания, расположенного в г. Полоцке (рис. 3).

Решение. По [12, прил. А] по параметрам А [12, табл. 4.2] принимаем значения коэффициентов теплопроводности λ , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, и теплоусвоения S , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, для каждого слоя чердачного перекрытия (табл. 3).

Принимаем по [12, табл. 5.4] коэффициент теплопроводности внутренней поверхности $\alpha_g = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, [12, табл. 5,7] – коэффициент теплопроводности наружной поверхности чердачного перекрытия $\alpha_n = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

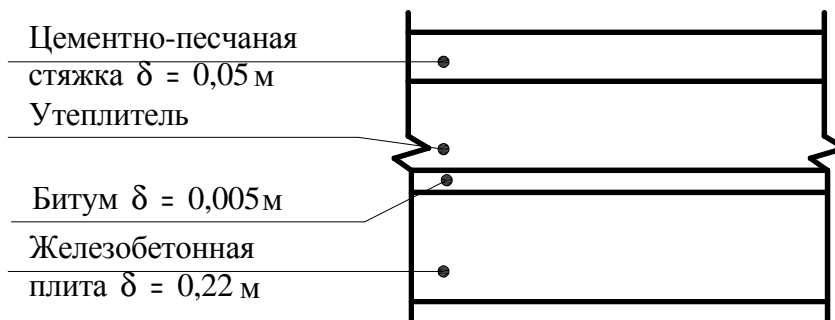


Рис. 3. Конструкция чердачного перекрытия

Таблица 3

Значения коэффициентов теплопроводности и теплоусвоения для каждого слоя конструкции чердачного перекрытия

Материал слоя	λ , Вт/(м·°С)	S , Вт/(м ² ·°С)
1. Известково-песчаная стяжка	0,76	9,6
2. Пенополиуретан, $\rho = 80$ кг/м ³	0,05	0,67
3. Битум	0,27	6,8
4. Железобетонная плита	1,92	17,96

Нормативное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия принимаем равным $R_{T,норм}^{ч.н.} = 6,0$ м²·°С/Вт [12, табл. 5.1].

Расчетное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия, м²·°С/Вт, определяется по формуле

$$R_{T,расч}^{ч.н.} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_н}. \quad (8)$$

Приравняем это выражение к нормативному сопротивлению теплопередаче и выразим толщину утеплителя:

$$\frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,76} + \frac{x}{0,05} + \frac{0,005}{0,27} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{1}{12} = 6,0; \quad x = 0,28 \text{ м.}$$

Для расчета принимаем толщину утеплителя равной 0,30 м (округленную в большую сторону с точностью до 0,05 м).

Определяем расчетное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия:

$$R_{T,расч}^{ч.н.} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,76} + \frac{0,30}{0,05} + \frac{0,005}{0,27} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{1}{12} = 6,40 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

Определяем тепловую инерцию наружной стены:

$$D = \frac{0,05}{0,76} \cdot 9,6 + \frac{0,30}{0,05} \cdot 0,67 + \frac{0,005}{0,27} \cdot 6,8 + \frac{0,22}{1,92} \cdot 17,98 = 6,85.$$

Так как значение $D = 6,85$ входит в предел от 4 до 7 [12, табл. 5.2], то принимаем температуру наружного воздуха равной средней температуре наиболее холодных трех суток (среднее арифметическое между температурой наиболее холодных суток и температурой наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92).

$$\text{Для г. Полоцка } t_n = \frac{-30 + (-25)}{2} = -27,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Коэффициент n , учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, для чердачного перекрытия принимается равным 0,9 [12, табл. 5.3]. Расчетная температура внутреннего воздуха $t_g = 18^\circ\text{C}$ [12, табл. 4.1].

Расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности, $\Delta t_g, ^\circ\text{C}$, в соответствии с [12, табл. 5.5], принимаем для чердачного перекрытия равным 4.

Определяем требуемое сопротивление теплопередаче для чердачного перекрытия:

$$R_{T.Tp}^{ч.н.} = \frac{0,9 \cdot (18 + 27,5)}{8,7 \cdot 4} = 1,18 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Согласно [12, п. 5.1], должно выполняться следующее условие:

$$R_{T.Tp}^{ч.н.} \leq R_{T.норм}^{ч.н.} \leq R_{T.расч}^{ч.н.}; \quad (9)$$

$$1,18 < 6,0 < 6,4 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Следовательно, для составления теплового баланса термическое сопротивление чердачного перекрытия принимаем $R_{T.н.}^{ч.н.} = 6,4 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Толщина конструкции чердачного перекрытия составит 575 мм.

Пример №4

Составить тепловой баланс для зального помещения (актовый зал на 90 человек), расположенного в г. Полоцке (рис. 4). Высота помещения 6,5 м. Ориентация здания – запад. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций принимаются из теплотехнического расчета: для наружной

стены $R = 3,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, для чердачного перекрытия $R = 6,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, для перекрытия над неотапливаемым подвалом $R = 2,74 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. Мощность осветительных приборов 4кВт.

Решение. Потери теплоты Q , Вт, через отдельную ограждающую конструкцию определяются по формуле

$$Q_{огр} = \frac{F_p}{R} (t_g - t_n) (1 + \sum \beta) n, \quad (10)$$

где F_p – площадь ограждающей конструкции, м^2 ; R – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$; t_g – температура внутреннего воздуха, °C ; t_n – расчетная температура наружного воздуха, принимаемая равной температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, °C ; β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь; n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху.

По [5, табл. 2] принимаем температуру внутреннего воздуха для актового зала равной $t_g = 20 \text{ °C}$, так как помещение относится к категории 3«а». Для составления теплового баланса принимаем температуру наружного воздуха равной температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92. Для г. Полоцка $t_n = -25 \text{ °C}$.

В актовом зале имеют место потери теплоты через следующие наружные ограждения: наружные стены, световые проемы, пол (перекрытие над неотапливаемым подвалом) и потолок (чердачное перекрытие).

Линейные размеры наружных ограждений определяем по чертежу в соответствии с рекомендациями [15] и заносим их в гр. 5 табл. 4.

При определении теплопотерь через наружные стены из площади конструкции вычитается площадь световых проемов.

Сопротивления теплопередаче наружных стен и световых проемов принимаем равными расчетным сопротивлениям теплопередаче, значения которых были получены в теплотехническом расчете, и заносим в гр. 10 табл. 4.

Коэффициент n в соответствии с [12, табл. 5.3] принимаем равным: для наружных стен, окон и чердачного перекрытия 1, для перекрытия над подвалом 0,6 (гр. 11 табл. 4).

Таблица 4

Тепловой баланс помещений

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Добавочные потери теплоты в долях единицы			15	16	17	
											на стороны света	прочие	сумма				
Наименование помещения	Температура внутреннего воздуха, °С	Вид отражения	Ориентация по сторонам света	Линейные размеры отражения, м	Площадь отражения, F, м ²	Вычитаемая площадь, м ²	Расчетная площадь, м ²	Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, R ₀ , м ² С/Вт	Расчетная разность температур, T _в – T _{ext} , °С	Коэффициент n				Потери теплоты ограждением, Вт	Потери теплоты на инфльтрацию, Вт	Потери теплоты помещением, Вт	
Актовый зал на 90 чел.	20	НС	3	18,5×7,7	142,45	30	112,45	3,43	45	1	0,05		0,05	1549	14288	26147	
		ТО	3	2×(3,0×5,0)	30		30	1,00	45	1	0,05		0,05	1418			
		НС	С	16×7,7	123,2		123,2	3,43	45	1	0,1		0,1	1778			
		НС	В	18,3×7,7	140,53	15	125,53	3,43	45	1	0,1		0,1	1812			
		ТО	В	3×5	15		15	1,00	45	1	0,1		0,1	743			
		ПТ		18×15	270		270	6,40	45	1							1898
		ПТ		18×15	270		270	2,74	45	0,6							2661

На рис. 4 приведен план зального помещения.

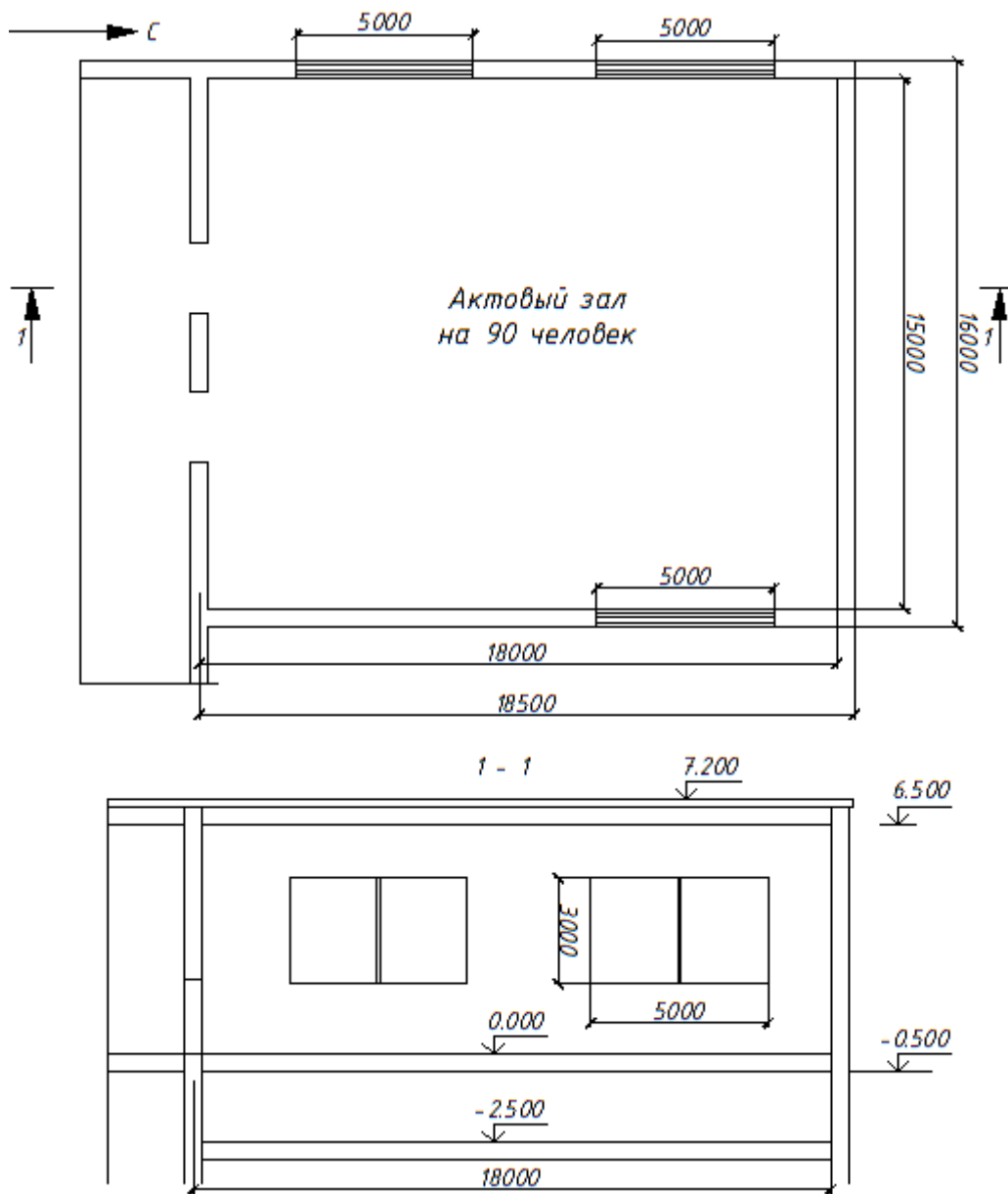


Рис. 4. План зального помещения

Добавочные потери теплоты в этом помещении вводятся только на ориентацию ограждений (северо-запад, северо-восток, север и восток – $\beta = 0,1$; запад и юго-восток – $\beta = 0,05$; на юг и юго-запад – $\beta = 0$, гр. 12 табл. 4).

Так, потери теплоты через наружную стену, ориентированную на запад, составят

$$Q_{огр} = \frac{112,45}{2} \cdot (20 + 25) \cdot (1 + 0) \cdot 1 = 1549 \text{ Вт.}$$

Потери теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха, Вт, определяем по формуле

$$Q_{инф} = 0,28L\rho_n c(t_g - t_n), \quad (11)$$

где L – расход удаляемого воздуха, м³/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, принимаемый равным 3 м³/ч на 1 м² помещений; c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/кг·°С; ρ_n – плотность наружного воздуха, кг/м³, определяемая по формуле

$$\rho = \frac{353}{273 + t} = \frac{353}{273 - 25} = 1,4 \text{ кг/м}^3. \quad (12)$$

Определяем потери теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха и заносим в гр. 16 табл. 4. Для актового зала это значение будет равно

$$Q_{инф} = 0,28 \cdot (3 \cdot 270) \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot (20 + 25) = 14288 \text{ Вт.}$$

Суммируя потери теплоты через все ограждения (гр. 15) и потери теплоты на инфильтрацию (гр. 16), определяем теплонедостатки в помещении, значение которых заносим в гр. 17 табл. 4:

$$Q_{нед} = (1549 + 1418 + 1778 + 1812 + 743 + 1898 + 2661) + 14288 = 26147 \text{ Вт.}$$

Теплонедостатки в помещении компенсируются отопительными приборами. Поэтому тепловая нагрузка отопительных приборов, установленных в данном помещении, будет равна его теплонедостаткам.

Поступление явной теплоты от людей определяем по формуле

$$Q_{явн}^л = Nq_{явн}k, \quad (13)$$

где $N = 80 + 8 + 2 = 90$ чел. – число людей (80 детей, 8 женщин и 2 мужчин), находящихся в помещении; $q_{явн}$ – выделения явной теплоты одним человеком [15, табл. 4.1]; $q_{явн} = 90$ Вт – выделение явной теплоты в холодный период при температуре 20 °С (категория работы – покой); $q_{явн} = 72$ Вт – выделение явной теплоты в теплый период при температуре 23 °С; k – коэффициент, учитывающий снижение тепловыделений в зависимости от пола и возраста, для мужчин $k = 1$, для женщин $k = 0,85$, для детей $k = 0,75$.

Холодный период:

$$Q_{явн}^л = Nq_{явн}k = 90 \cdot (80 \cdot 0,75 + 8 \cdot 0,85 + 2 \cdot 1) = 5517 \text{ Вт.}$$

Теплый период:

$$Q_{явн}^л = Nq_{явн}k = 72 \cdot (80 \cdot 0,75 + 8 \cdot 0,85 + 2 \cdot 1) = 4414 \text{ Вт.}$$

Теплопоступления от искусственного освещения:

$$Q_{осв} = 1000 N_{осв} \eta, \quad (14)$$

где $N_{осв}$ – мощность осветительных приборов (по заданию); η – доля теплоты, поступающей в помещение; $\eta = 0,4 \dots 0,7$ для люминесцентных светильников, $\eta = 0,8 \dots 0,9$ для ламп накаливания;

$$Q_{осв} = 1000 \cdot 4 \cdot 0,5 = 2000 \text{ Вт}.$$

Количество теплоты, поступающей в помещение через световые проемы за счет солнечной радиации, в случае, когда над окнами отсутствуют солнцезащитные козырьки,

$$Q_p = \sum_1^n (q_{сн} + q_{ср}) k_1 k_2 F_o c_m, \quad (15)$$

где n – количество стен с окнами в помещении; $q_{сн}$, $q_{ср}$ – количество теплоты, поступающей, соответственно, от прямой и рассеянной солнечной радиации в июле (зависит от ориентации остекления и географической широты); при широте 56° с. ш. для окон, обращенных на запад, $q_{сн} = 547 \text{ Вт/м}^2$, $q_{ср} = 122 \text{ Вт/м}^2$, для окон, обращенного на восток, $q_{сн} = 504 \text{ Вт/м}^2$, $q_{ср} = 114 \text{ Вт/м}^2$; k_1 – коэффициент, учитывающий затенение остекления световых проемов переплетами (для тройного остекления в деревянных переплетах $k_1 = 0,42$); k_2 – коэффициент, учитывающий загрязнение стекла (для общественных зданий $k_2 = 0,95$); F_o – площадь световых проемов, м^2 ; для окон, обращенных на запад, $F_o = 2 \cdot (3 \times 5) = 30 \text{ м}^2$; для окон, обращенных на восток, $F_o = 3 \times 5 = 15 \text{ м}^2$; c_m – коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств (для тройного остекления $c_m = 0,8$);

$$Q_p = (547 + 122) \cdot 0,42 \cdot 0,95 \cdot 30 \cdot 0,8 + (504 + 114) \cdot 0,42 \cdot 0,95 \cdot 15 \cdot 0,8 = 9365 \text{ Вт}.$$

Для бесчердачных зданий теплопоступления от солнечной радиации через совмещенное покрытие

$$Q_n = \frac{F_{покр}}{R_o} (t_n^{усл} - t_e), \quad (16)$$

где $F_{покр}$ – площадь покрытия, м^2 , из таблицы теплового баланса; R_o – термическое сопротивление покрытия, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$; $t_n^{усл}$ – условная среднесуточная температура наружного воздуха, $^\circ\text{С}$;

$$t_n^{ycl} = t_n^A + \rho \frac{J_{cp}}{\alpha_n}; \quad (17)$$

$t_n^A = 21,1$ °С – температура воздуха в теплый период года для проектирования вентиляции для г. Полоцка (параметры А), [7, прил. Е]; ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности покрытия (для рубероида $\rho = 0,9$); J_{cp} – среднесуточное количество теплоты от суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) на горизонтальную поверхность, Вт/м² (для 56° с. ш. $J_{cp} = 328$ Вт/м²); $\alpha_n = 5 + 10\sqrt{v}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности покрытия, Вт/(м² °С); $v = 2,9$ м/с – расчетная скорость ветра в теплый период в г. Полоцке, м/с, [7, прил. Е];

t_g – температура воздуха в помещении в теплый период, °С;

$$\alpha_n = 5 + 10 \cdot \sqrt{2,9} = 22,03 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С});$$

$$t_n^{ycl} = 21,1 + 0,9 \cdot \frac{328}{22,03} = 34,5 \text{ °С};$$

$$Q_n = \frac{270}{6,4} \cdot (34,5 - 23) = 485 \text{ Вт}.$$

Результаты сводим в табл. 5.

Таблица 5

Теплопоступления и теплопотери зального помещения

Наименование помещения	Объем помещения, м ³	Период года	Теплопоступления, Вт				Теплопотери, Вт
			от людей	от солнечной радиации	от освещения	суммарные	
1	2	3	4	5	6		8
Актовый зал	1755	холодный	5517		2000	7517	26147
		теплый	4414	9365 485		14264	

Удельные избытки явной теплоты, Вт/м³, для холодного периода

$$q_{изб} = \frac{Q_{изб}}{V_{внутр}} = \frac{7517}{1755} = 4,3 \text{ Вт/м}^3, \text{ следовательно, } \beta = 0.$$

Удельные избытки явной теплоты, Вт/м³, для теплого периода

$$q_{изб} = \frac{Q_{изб}}{V_{внутр}} = \frac{14264}{1755} = 8,1 \text{ Вт/м}^3, \text{ следовательно, } \beta = 0,5.$$

Температура воздуха, удаляемого из верхней зоны помещения, определяется по формуле

$$t_y = t_g + \beta(H_n - H_{p.з.}), \quad (18)$$

где β – температурный градиент, °С/м, учитывающий повышение температуры по высоте помещения; H_n – высота помещения, м; $H_{p.з.}$ – высота рабочей зоны в помещении; $H_{p.з.} = 1,5$ м (люди работают сидя).

Для холодного периода:

$$t_y = 20 + 0 \cdot (6,5 - 1,5) = 20 \text{ °С}.$$

Для теплого периода:

$$t_y = 23 + 0,5 \cdot (6,5 - 1,5) = 25,5 \text{ °С}.$$

Температура приточного воздуха

$$t_{in} = t_g - \Delta t_2, \quad (19)$$

где Δt_2 – допустимое отклонение температуры воздуха в приточной струе от нормируемой температуры воздуха в обслуживаемой зоне, °С; вне зоны прямого действия приточной струи $\Delta t_2 = 2,0$.

Для холодного периода:

$$t_{np} = 20 - 2 = 18 \text{ °С}.$$

Для теплого периода:

$$t_{np} = 23 - 2 = 21 \text{ °С}.$$

Воздухообмен для теплого и холодного периодов года:

$$L = \frac{3,6Q_{изб}}{c(t_y - t_{np})\rho_g}, \quad (20)$$

где c – теплоемкость воздуха, равная 1,2 кДж/(м³°С).

Для холодного периода:

$$L = \frac{3,6 \cdot 7517}{1,2 \cdot (20 - 18) \cdot 1,2} = 9396 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Для теплого периода

$$L = \frac{3,6 \cdot 14264}{1,2 \cdot (23 - 21) \cdot 1,2} = 17830 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В расчет принимаем большее из значений воздухообменов (теплый период), т. е. $L = 17830 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Пример № 5

По условиям примера № 4 произвести расчет отопительных приборов зального помещения для двухтрубной системы отопления. Параметры теплоносителя в системе – 95 ... 70 °С. В качестве отопительных приборов принять радиаторы 2К-60П-500. Радиаторы установлены открыто у стены.

Решение. Теплоотдача открыто проложенных трубопроводов в помещении актового зала определяется по формуле

$$Q_{mp} = q_6 l_6 + q_2 l_2, \quad (21)$$

где q_6, q_2 – теплоотдача 1 м вертикально и горизонтально проложенных труб, Вт/м, принимаемые равными $q_6 = 90$ Вт/м, $q_2 = 110$ Вт/м; l_6, l_2 – длина вертикально и горизонтально проложенных в помещении трубопроводов, м;

$$Q_{mp} = 90 \cdot 6 \cdot (0,2 + 0,15) + 110 \cdot (16,9 + 10,4 + 14,1 + 14,3 + 14,0 + 16,9 + 0,25 \cdot 6) = 9880 \text{ Вт.}$$

Необходимая теплопередача отопительного прибора в рассматриваемое помещение определяется по формуле

$$Q_{np} = Q_n - 0,9 Q_{mp}, \quad (22)$$

где Q_n – теплопотери помещения, Вт; по табл. 4.2 $Q_n = 26147$ Вт;

$$Q_{np} = 26147 - 0,9 \cdot 9880 = 17255 \text{ Вт.}$$

Средняя температура воды в приборе для двухтрубных систем

$$t_{cp} = \frac{t_2 + t_o}{2} = \frac{95 + 70}{2} = 82,5^\circ\text{C}. \quad (23)$$

Фактический температурный напор

$$\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_6 = 82,5 - 20 = 62,5^\circ\text{C}.$$

Расчетная плотность теплового потока одной секции радиатора q_{np} , Вт/м², рассчитывается по формуле

$$q_{np} = q_{ном} \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1,3}, \quad (24)$$

где $q_{ном} = 607$ – номинального плотность теплового потока прибора, Вт/м²;

$$q_{np} = 607 \cdot \left(\frac{62,5}{70} \right)^{1,3} = 524 \text{ Вт/м}^2.$$

Площадь поверхности отопительного прибора

$$F_p = \frac{Q_{np}}{q_{np}}; \quad (25)$$

$$F_p = \frac{17255}{524} = 32,9 \text{ м}^2.$$

Число элементов (секций) N в радиаторе вычисляется по найденной их поверхности нагрева по формуле

$$N = \frac{F_p \cdot \beta_4}{f_3 \cdot \beta_3}, \quad (26)$$

где $\beta_4 = 1,0$ – коэффициент, учитывающий условия установки отопительного прибора в помещении; при установке отопительного прибора открыто у стены $\beta_4 = 1$; $f_3 = 206 \text{ м}^2$ – поверхность нагрева одной секции радиатора 2К-60П-500; β_3 – поправочный коэффициент, учитывающий число элементов в приборе;

$$\beta_3 = 0,92 + \frac{0,16}{F_p}; \quad (27)$$

$$\beta_3 = 0,92 + \frac{0,16}{32,9} = 0,925; \quad N = \frac{32,9 \cdot 1,0}{0,206 \cdot 0,925} = 172,7 \text{ шт.}$$

Номинальные тепловые потоки приборов, установочный и требуемый:

$$Q_{ном}^{уст.} = N'Q_{ном} = 172 \cdot 125 = 21500 \text{ Вт};$$

$$Q_{ном}^{треб.} = NQ_{ном} = 172,7 \cdot 125 = 21588 \text{ Вт}.$$

При округлении дробного числа секций до целого числа следует иметь в виду, что номинальный тепловой поток устанавливаемого отопительного прибора не следует принимать меньше более чем на 5 % от требуемого по расчету:

$$\frac{Q_{ном}^{треб.} - Q_{ном}^{уст.}}{Q_{ном}^{треб.}} \cdot 100 = \frac{21500 - 21588}{21500} \cdot 100 = 0,4\% < 5\% .$$

Значит, в расчет необходимо принять 172 секции. Результаты выносятся на план помещения (рис. 5).

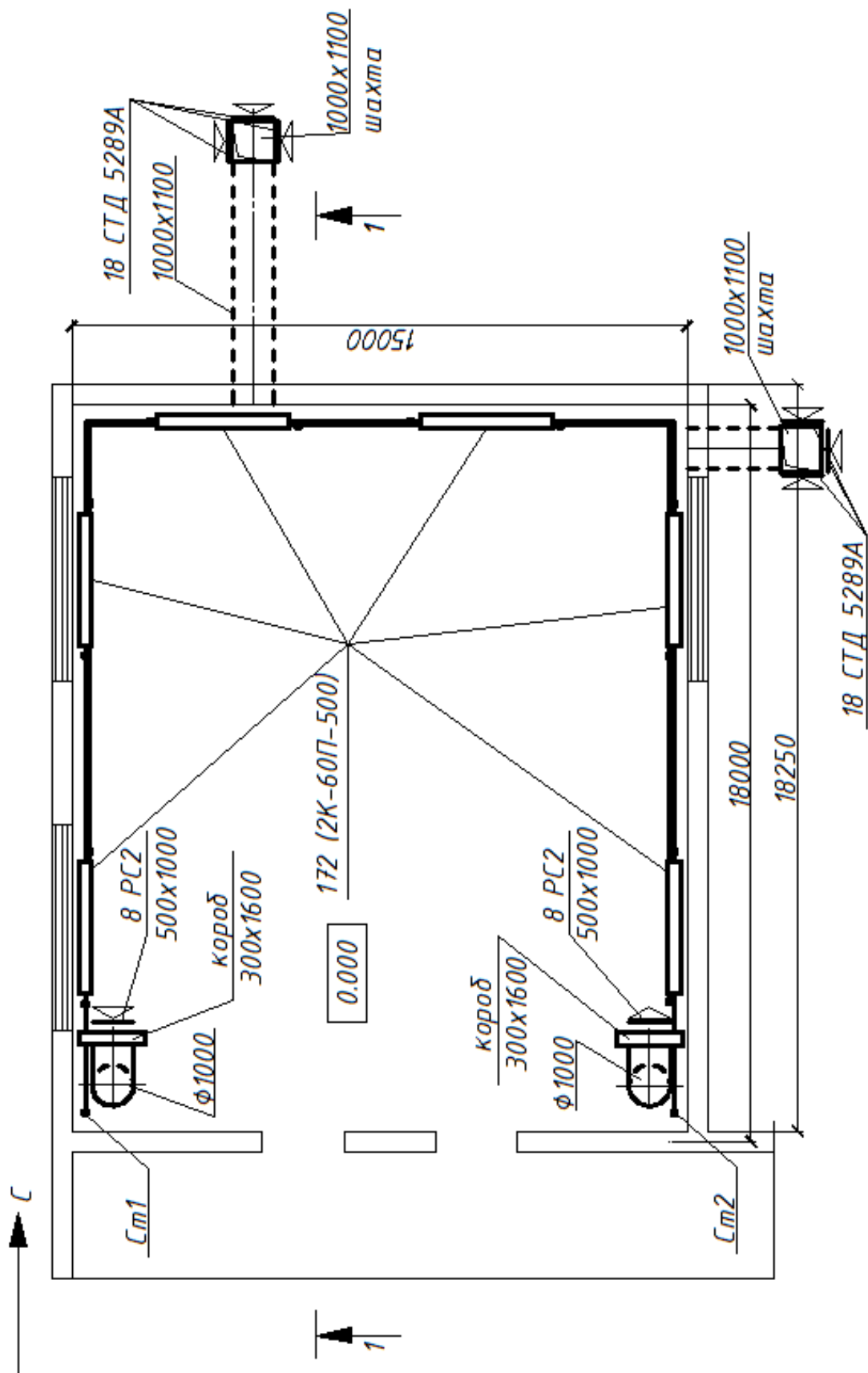


Рис. 5. План актового зала с нанесением отопительно-вентиляционного оборудования

Пример № 6

По результатам примера № 4 сконструировать и подобрать оборудование систем вентиляции, определить размеры сечения воздуховодов, вентиляционных решеток, шумоглушителей.

Решение. Приточный воздух следует подавать непосредственно в помещение с постоянным пребыванием людей. Удаление воздуха из помещения актового зала системами вентиляции предусматривается из зоны, в которой воздух наиболее загрязнен или имеет наиболее высокую температуру. Для лучшего распределения воздуха в помещении зала приточный и вытяжной воздуховоды располагаем на противоположных сторонах.

Определение размеров воздуховодов и решеток производится по формуле

$$f_{op} = \frac{L}{3600v_{don}}, \quad (28)$$

где L – расход воздуха, удаляемого через канал, м³/ч; v_{don} – допустимая скорость воздуха в канале, м/с.

Для систем механической вентиляции рекомендуется принимать:

- в решетках $v_{don} = 1,0 \dots 2,0$ м/с;
- в воздуховодах $v_{don} = 6,0 \dots 8,0$ м/с;
- в воздухозаборных шахтах $v_{don} = 3,0 \dots 6,0$ м/с.

Подставляя значение $L = 17830$ м³/ч, получаем:

- для воздуховодов $f_{op} = \frac{17830}{3600 \cdot 7} = 0,71$ м²;
- для решеток $f_{op} = \frac{17830}{3600 \cdot 1,5} = 3,3$ м²;
- для шахт $f_{op} = \frac{17830}{3600 \cdot 4,5} = 1,1$ м².

Диаметр воздуховода

$$d_{op} = \sqrt{\frac{4f_{op}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,71}{3,14}} = 0,95 \text{ м, принимаем } \varnothing 1000 \text{ мм, } f_{\varnothing} = 0,785 \text{ м}^2,$$

при этом действительная скорость в воздуховодах

$$v_{\varnothing} = \frac{L}{3600f_{\varnothing}} = \frac{17830}{3600 \cdot 0,785} = 6,3 \text{ м/с.}$$

Для подачи и удаления воздуха используем решетки типа РС2 с размерами 1000×500 мм и живым сечением $f_{\partial} = 0,403 \text{ м}^2$, 8 шт.; при этом действительная скорость в решетках

$$v_{\partial} = \frac{L}{3600 f_{\partial}} = \frac{17830}{3600 \cdot 8 \cdot 0,403} = 1,54 \text{ м/с.}$$

Для забора и удаления воздуха проектируем шахты с размерами 1000×1100 мм. На шахты устанавливаем решетки типа СТД 5289А, $f_{\partial} = 0,061 \text{ м}^2$, 18 шт.; при этом действительная скорость в решетках

$$v_{\partial} = \frac{L}{3600 f_{\partial}} = \frac{17830}{3600 \cdot 18 \cdot 0,061} = 4,51 \text{ м/с.}$$

По расходу воздуха $L = 17830 \text{ м}^3/\text{ч}$ принимаем модульный приточно-вытяжной агрегат KLM-20 со следующими характеристиками:

Минимальный расход воздуха	5200 м ³ /ч;
Максимальный расход воздуха	20000 м ³ /ч;
Оптимальный расход воздуха	16500 м ³ /ч;
Размеры в сечении	1600 × 1250 мм;
Длина	6280 мм.

Приточно-вытяжной агрегат KLM-20 выполняет следующие функции:

- подача в обслуживаемые помещения свежего приточного воздуха без рециркуляции (смешения с вытяжным воздухом);
- удаление из обслуживаемых помещений отработанного воздуха;
- очистка приточного и удаляемого воздуха от пыли и аэрозолей;
- предварительный подогрев приточного воздуха;
- дополнительный подогрев приточного воздуха с помощью встроенного водяного калорифера.

Результаты расчетов приведены на рис. 5 – 7.

Пример №7

Составить тепловой баланс для жилой комнаты 2 в трехэтажном чердачном жилом доме, расположенном в г. Полоцке (рис. 8). Высота этажа 2,8 м. Ориентация здания – запад. Сопротивление теплопередаче наружной стены принять равным $R = 3,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, чердачного перекрытия – $R = 6,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, а перекрытия над неотапливаемым подвалом – $R = 2,74 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

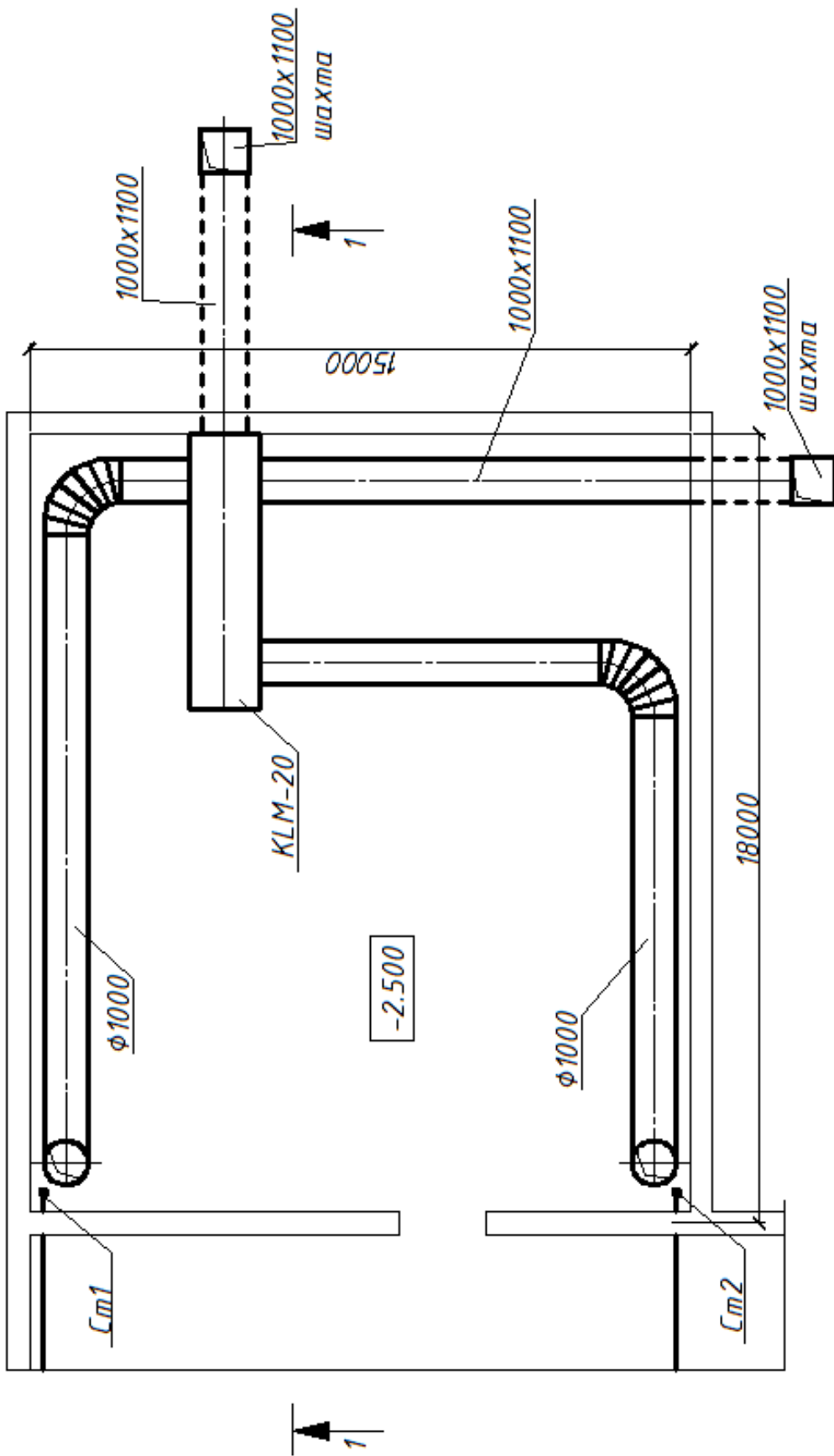


Рис. 6. План подвала с нанесением отопительно-вентиляционного оборудования

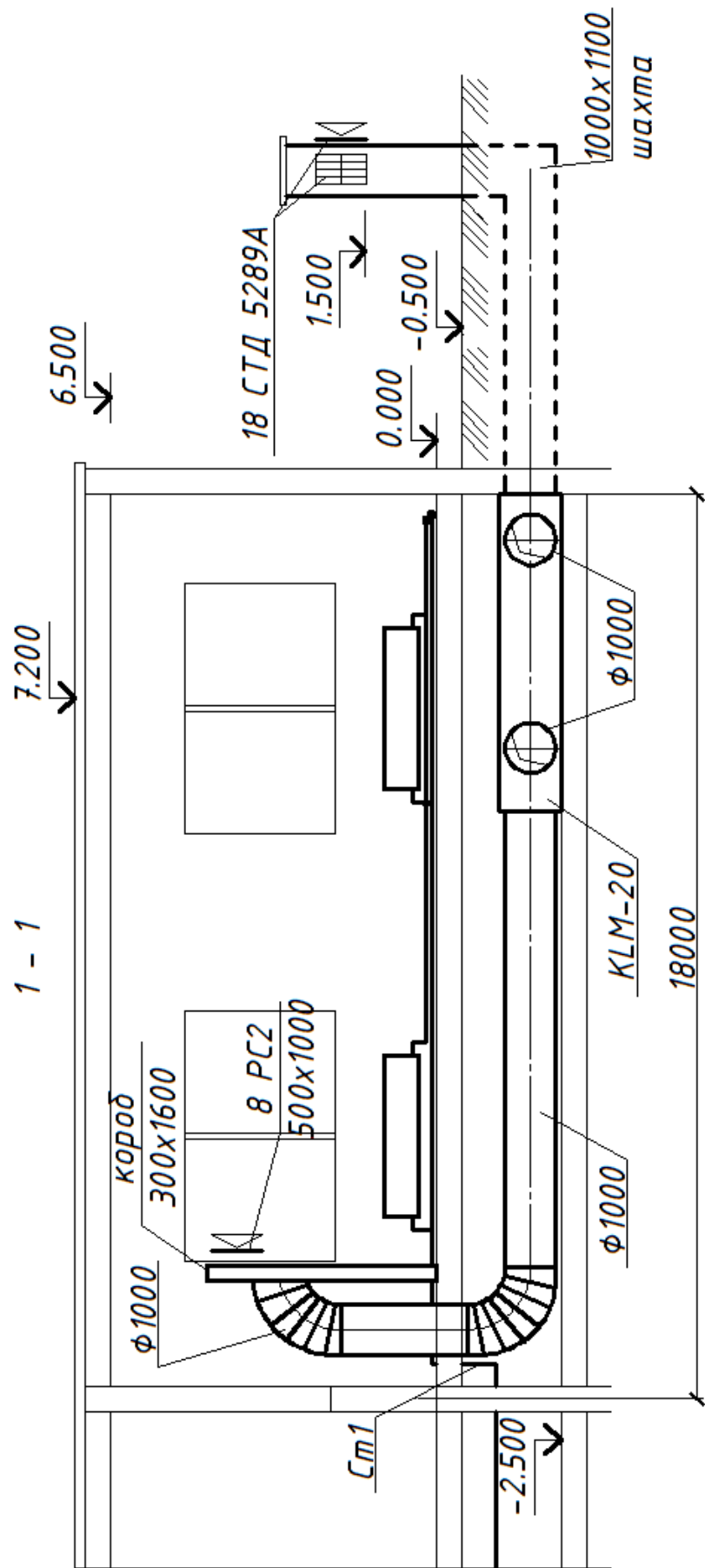


Рис. 7. Разрез 1-1 с нанесением отопительно-вентиляционного оборудования

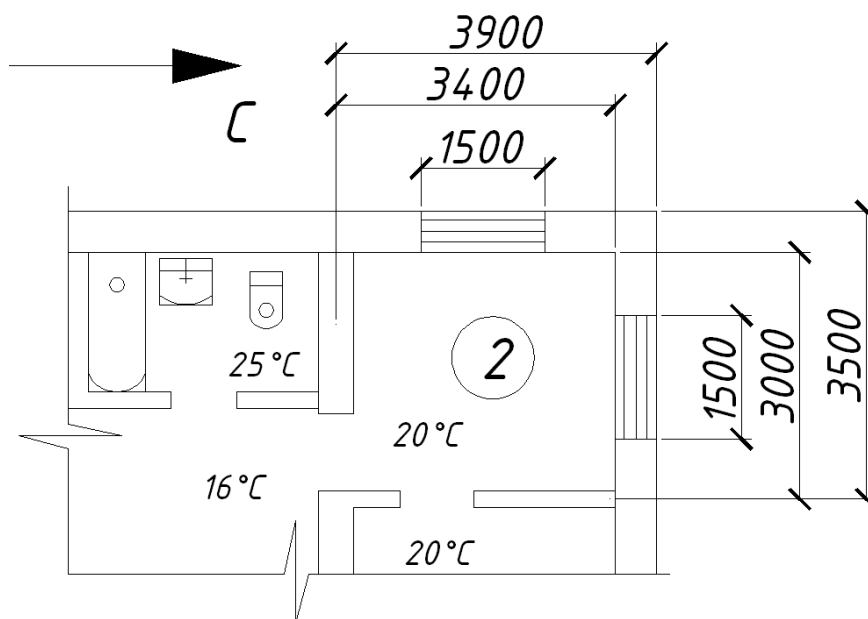


Рис. 8. Фрагмент плана жилого дома

Решение. По [8, прил. В] принимаем температуру внутреннего воздуха для жилой комнаты равной $t_g = 20\text{ }^\circ\text{C}$, так как комната 2 является угловой. Для составления теплового баланса принимаем температуру наружного воздуха равной температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92. Для г. Полоцка $t_n = -25\text{ }^\circ\text{C}$.

В жилой комнате 2 имеют место потери теплоты через следующие наружные ограждения:

- на первом этаже – наружные стены, световые проемы, пол (перекрытие над неотапливаемым подвалом);
- на промежуточном этаже – наружные стены и световые проемы;
- на третьем этаже – наружные стены, световые проемы, потолок (чердачное перекрытие).

Линейные размеры наружных ограждений определяем по чертежу в соответствии с рекомендациями [12] и заносим их в гр. 6 табл. 6.

При определении теплотерь через наружные стены из площади конструкции вычитается площадь световых проемов.

Сопротивления теплопередаче наружных стен и световых проемов заносим в гр. 10 табл. 6.

Таблица 6

Тепловой баланс помещений

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Номера помещений	Наименование помещений	Температура внутреннего воздуха, °С	Вид ограждения	Ориентация по сторонам света	Линейные размеры ограждения, м	Площадь ограждения, F, м ²	Вычитаемая площадь, м ²	Расчетная площадь, м ²	Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, R ₀ , м ² °С/Вт	Расчетная разность температур, T _в - T _{ext} , °С	Коэффициент n	Добавочные потери теплоты в долях единицы			Потери теплоты ограждением, Вт	Потери теплоты на инфльтрацию, Вт	Тепловыделение в помещении, Вт	Потери теплоты помещением, Вт
												на стороны света	прочие	сумма				
1 ЭТАЖ																		
102	ЖК	20	НС	3	3,9 × 3,35	13,065	1,8	11,265	3,43	45	1	0,05		0,05	155			
			ТО	3	1,2 × 1,5	1,8		1,800	1,00	45	1	0,05		0,05	85			
			НС	С	3,5 × 3,35	11,725	1,8	9,925	3,43	45	1	0,1		0,1	143	540	214	899
			ТО	С	1,2 × 1,5	1,8		1,800	1,00	45	1	0,1		0,1	89			
			ПЛ		3,4 × 3	10,2		10,200	2,74	45	0,6				101			
2 ЭТАЖ																		
202	ЖК	20	НС	3	3,9 × 3,05	11,895	1,8	10,095	3,43	45	1	0,05		0,05	139			
			ТО	3	1,2 × 1,5	1,8		1,800	1,00	45	1	0,05		0,05	85			
			НС	С	3,5 × 3,05	10,675	1,8	8,875	3,43	45	1	0,1		0,1	128	540	214	767
			ТО	С	1,2 × 1,5	1,8		1,800	1,00	45	1	0,1		0,1	89			
3 ЭТАЖ																		
302	ЖК	20	НС	3	3,9 × 3,15	12,285	1,8	10,485	3,43	45	1	0,05		0,05	144			
			ТО	3	1,2 × 1,5	1,8		1,800	1,00	45	1	0,05		0,05	85			
			НС	С	3,5 × 3,15	11,025	1,8	9,225	3,43	45	1	0,1		0,1	133	540	214	849
			ТО	С	1,2 × 1,5	1,8		1,800	1,00	45	1	0,1		0,1	89			
			ПТ		3,4 × 3	10,2		10,200	6,40	45	1				72			

Коэффициент n в соответствии с [12, табл. 5.3] принимаем равным: для наружных стен, окон и чердачного перекрытия – 1, для перекрытия над подвалом – 0,6 (гр. 12 табл. 6).

Потери теплоты Q , Вт, через отдельную ограждающую конструкцию определяются по формуле (10). Так, потери теплоты через наружную стену на первом этаже, ориентированную на запад, составят

$$Q_{огр} = \frac{13,065}{2} \cdot (20 + 25) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 = 155 \text{ Вт.}$$

Потери теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха, Вт, определяем по формуле (11) и заносим в гр. 17 табл. 6. Для помещения 2 на всех этажах это значение будет равно

$$Q_{инф} = 0,28 \cdot (3 \times 10,2) \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot (20 + 25) = 540 \text{ Вт.}$$

При составлении теплового баланса для жилых зданий учитываются бытовые теплопоступления в кухнях и жилых комнатах в размере 21 Вт на 1 м² площади пола, т. е.

$$Q_{быт} = 21F_n, \quad (29)$$

где F_n – площадь пола помещения, м².

Определим теплопоступления от бытовых приборов, Вт, и занесем в гр. 18 табл. 6. Для помещения 2 на всех этажах

$$Q_{быт} = 21 \cdot 10,2 = 214 \text{ Вт.}$$

Суммируя потери теплоты через все ограждения (гр. 16) и потери теплоты на инфильтрацию (гр. 17) и отнимая от этой суммы теплопоступления от бытовых приборов (гр. 18), определяем теплонедостатки в помещении 1, значение которых заносим в гр. 19 табл. 6.

На первом этаже

$$Q_{нед} = (155 + 85 + 143 + 89 + 101) + 540 - 214 = 899 \text{ Вт.}$$

Аналогично просчитываются потери теплоты в помещении промежуточного и последнего этажа. Результаты сводятся в табл. 6. Теплонедостатки в помещении компенсируются работой системы отопления, поэтому тепловая нагрузка отопительных приборов, установленных в данном помещении, будет равна его теплонедостаткам.

Пример № 8

Произвести расчет отопительного прибора (температуры и количество секций) для однотрубной системы отопления с верхней разводкой (рис. 9). Параметры теплоносителя в системе – 105...70 °С. Прибор 2К-60П-500 установлен в нише. Прочие исходные данные взять из примера № 7.

Решение. Расход воды через отопительный стояк G_{cm} , кг/ч, определяется по формуле

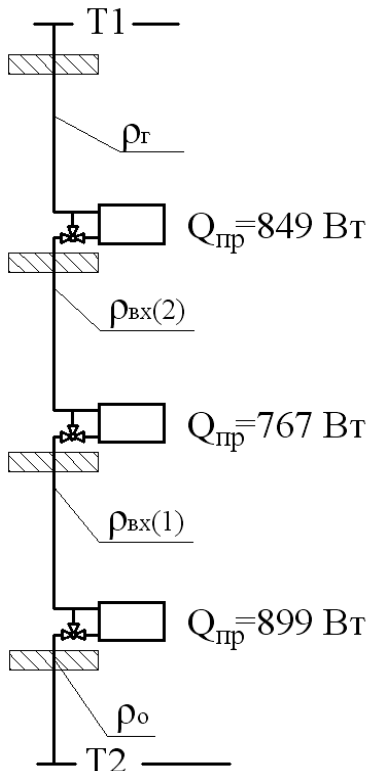


Рис. 9. Расчетная схема стояка однотрубной системы отопления с верхней разводкой

$$G_{cm} = \frac{0,86Q_{cm}}{t_r - t_o}, \quad (30)$$

где Q_{cm} – тепловая нагрузка стояка, Вт;

$$Q_{cm} = 899 + 767 + 849 = 2515 \text{ Вт};$$

$$G_{cm} = \frac{0,86 \cdot 2515}{105 - 70} = 61,8 \text{ кг/ч}.$$

Для определения плотности воды необходимо знать ее температуру на участках стояка после смешивания потоков. Температура воды после отопительного прибора определяется по формуле

$$t_{np(i+1)} = t_i - \frac{0,86Q_{np(i+1)}}{G_{cm}}, \quad (31)$$

где t_i – температура воды на предыдущем участке, °С; $Q_{np(i+1)}$ – тепловая нагрузка отопительного прибора, присоединенного до расчетного участка ($i + 1$), Вт.

Схема расчетного стояка приведена на рис. 8;

$$t_{ex(2)} = 105 - \frac{0,86 \cdot 849}{61,8} = 93 \text{ °С}.$$

Средняя температура теплоносителя в приборе для однотрубных систем

$$t_{cp} = t_{ex} - \frac{1,8Q_{np}\beta_1\beta_2}{cG_{cm}}, \quad (32)$$

где β_1 – коэффициент, зависящий от шага номенклатурного ряда отопительного прибора, принимаемый по табл. 9.4 [9]. При $Q_{ном} = 120$ Вт $\beta_1 = 1,02$, при $Q_{ном} = 150$ Вт $\beta_1 = 1,03$; β_2 – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери при размещении отопительных приборов у наружных ограждений ($\beta_2 = 1,02$ при установке прибора у наружной стены); $c = 4,19$ кДж/кг $^{\circ}$ С – теплоемкость воды;

$$t_{ср3} = 105 - \frac{1,8 \cdot 849 \cdot 1,02 \cdot 1,02}{4,19 \cdot 61,8} = 97 \text{ }^{\circ}\text{С}.$$

Фактический температурный напор

$$\Delta t_{ср3} = 97 - 20 = 77 \text{ }^{\circ}\text{С}.$$

Расчетная плотность теплового потока одной секции радиатора по формуле (24)

$$q_{нр} = 607 \cdot \left(\frac{77}{70} \right)^{1,3} = 687 \text{ Вт/м}^2.$$

Теплоотдача открыто проложенных трубопроводов в помещении по формуле (21)

$$Q_{мр} = 90 \cdot 3,0 + 110 \cdot (0,5 + 0,5) = 380 \text{ Вт}.$$

Необходимая теплопередача отопительного прибора

$$Q_{нр} = 849 - 0,9 \cdot 380 = 507 \text{ Вт}.$$

Площадь поверхности отопительного прибора

$$F_p = \frac{507}{687} = 0,74 \text{ м}^2.$$

Число элементов (секций) N в радиаторе

$$\beta_3 = 0,92 + \frac{0,16}{0,74} = 1,14; \quad N = \frac{0,74 \cdot 1,11}{0,206 \cdot 1,14} = 3,5 \text{ секц.}$$

Номинальные тепловые потоки приборов, установочный и требуемый:

$$Q_{ном}^{уст.} = N' Q_{ном} = 3 \cdot 125 = 375 \text{ Вт};$$

$$Q_{ном}^{треб.} = N Q_{ном} = 3,5 \cdot 125 = 438 \text{ Вт};$$

$$\frac{Q_{ном}^{треб.} - Q_{ном}^{уст.}}{Q_{ном}^{треб.}} \cdot 100 = \frac{375 - 438}{438} \cdot 100 = 17\% > 5\%.$$

Значит, к установке необходимо принять 4 секции.

ВОПРОСЫ КОЛЛОКВИУМОВ

Коллоквиум № 1 (Темы 1, 2)

1. Какие системы включают в системы инженерного оборудования зданий?
2. Что такое система кондиционирования микроклимата?
3. Что такое тепловой режим здания?
4. Какие параметры характеризуют метеорологические условия в помещении?
5. Что такое метеорологические условия в помещении?
6. Что такое комфортные тепловые условия в помещении?
7. Что такое технологические тепловые условия в помещении?
8. Что такое первое и второе условия комфортности?
9. Что такое холодный период года?
10. Что такое теплый период года?
11. Что такое переходный период года?
12. Что такое оптимальные параметры внутреннего воздуха?
13. Что такое допустимые параметры внутреннего воздуха?
14. Что такое рабочая зона помещения?
15. Что такое обслуживаемая зона помещения?
16. В какой зоне помещения поддерживаются оптимальные параметры внутреннего воздуха?
17. В какой зоне помещения поддерживаются допустимые параметры внутреннего воздуха?
18. Какой величиной характеризуются теплозащитные свойства ограждающих конструкций?
19. Что характеризует сопротивление теплопередаче?
20. Чему численно равно значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции?
21. Что должно быть больше: действительное сопротивление теплопередаче или требуемое сопротивление теплопередаче?
22. Что должно быть больше: действительное сопротивление теплопередаче или нормативное сопротивление теплопередаче?
23. Что такое фильтрация воздуха?
24. Какой величиной оценивается воздухопроницаемость ограждений?

25. Что такое воздухопроницаемость ограждений?
26. Что характеризует сопротивление воздухопроницанию?
27. Какие материалы применяют в качестве теплоизоляционных?
28. Почему происходит понижение температуры в помещении в холодный период года?
29. В каком случае в помещении возникают теплонедостатки?
30. В каком случае в помещении возникают теплоизбытки?
31. Какие теплопотери возникают в жилом здании?
32. Какие теплопоступления возникают в жилом здании?
33. Как определяются теплоизбытки в помещении?
34. Как определяются теплонедостатки в помещении?
35. Какие различают теплопотери через ограждения?
36. Как определяется тепловая мощность системы отопления?
37. Что такое дежурное отопление?
38. Как определяются потери теплоты через ограждения?
39. Как учитываются добавочные потери теплоты через ограждения?
40. Что учитывают добавочные потери теплоты через ограждения?
41. Как определяются потери теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха?
42. Назовите мероприятия, ведущие к снижению потерь теплоты (за каждое мероприятие – 1 балл).

Коллоквиум № 2 (Темы 3, 4)

1. Как осуществляется неорганизованное проветривание?
2. За счет каких сил осуществляется естественное проветривание?
3. Когда возникает необходимость в организованной вентиляции?
4. Что такое организованная вентиляция?
5. Что такое приточная система вентиляции?
6. Что такое вытяжная система вентиляции?
7. Что такое естественная вентиляция?
8. Что такое механическая вентиляция?
9. Что такое общеобменная вентиляция?
10. Что такое местная вентиляция?
11. Что такое противодымная вентиляция?
12. Что такое аварийная вентиляция?
13. Что такое канальная вентиляция?

14. Что такое бесканальная вентиляция?
15. От чего зависит выбор схемы организации воздухообмена?
16. Как определяется воздухообмен в помещении?
17. Какое значение воздухообмена принимается в помещении за расчетное?
18. Где осуществляется обработка приточного воздуха в системах приточной механической вентиляции?
19. Через какое устройство происходит забор воздуха в систему приточной вентиляции?
20. Какие бывают по конструкции воздухоприемные устройства?
21. В каком устройстве происходит очистка воздуха в приточной камере?
22. В каком устройстве происходит нагрев воздуха в приточной камере?
23. С помощью какого теплоносителя может нагреваться воздух в калориферах?
24. Что такое фильтр?
25. Что такое калорифер?
26. Что такое секция утилизации теплоты?
27. Что такое вентилятор?
28. Для чего устанавливается вентилятор в системе вентиляции?
29. Какие вентиляторы бывают по принципу действия и назначению?
30. По каким основным характеристикам подбирают вентилятор?
31. Какие виды шума возникают при работе механической системы вентиляции?
32. Что такое аэродинамический шум?
33. Что такое механический шум?
34. Что такое шумоглушитель?
35. Какие бывают шумоглушители?
36. Что такое воздухораспределитель?
37. С помощью какого устройства происходит раздача воздуха в помещении?
38. Какие виды воздухораспределителей вы знаете (на 1 балл засчитывается три вида воздухораспределителей)?
39. Где применяются воздухораспределители с очисткой воздуха?
40. Когда устраивают местную вытяжную вентиляцию?

41. Какие виды местных отсосов вы знаете (на 1 балл засчитывается три вида местных отсосов)?
42. Что относится к местной приточной вентиляции?
43. Что такое воздушная завеса?
44. Для чего устраивается воздушная завеса?
45. Что такое воздушный душ?
46. Для чего устраивается воздушный душ?
47. Можно ли подавать в душирующий патрубок воздух от общеобменной вентиляции?
48. Что такое воздушный оазис?
49. Что такое кондиционирование воздуха?
50. Что такое система кондиционирования воздуха?
51. Что такое кондиционер?
52. В чем отличие системы кондиционирования воздуха от приточной механической вентиляции?
53. Что такое комфортная СКВ?
54. Что такое технологическая СКВ?
55. Что такое комфортно-технологическая СКВ?
56. Что такое прямоточная СКВ?
57. Что такое СКВ с частичной рециркуляцией?
58. Что такое рециркуляционная СКВ?
59. Что такое центральная СКВ?
60. Что такое местная СКВ?
61. Что такое автономная СКВ?
62. Что такое неавтономная СКВ?
63. Что такое круглогодичная СКВ?
64. Что такое сезонная СКВ?
65. Как организуется система вентиляции в жилом доме?
66. Как удаляется воздух из помещений в жилых домах?
67. Для чего выполняется аэродинамический расчет систем вентиляции?
68. Что должно быть больше: потери давления на участке или располагаемое естественное давление?
69. Какие устройства используют для усиления тяги в системах естественной вентиляции?
70. Для чего устье вытяжной шахты накрывают зонтом?

Коллоквиум № 3 (Тема 5)

1. Что такое система отопления?
2. Назовите основные конструктивные элементы системы отопления.
3. Что такое теплоноситель?
4. Какие требования предъявляются к системам отопления?
5. Что такое центральная система отопления?
6. Что такое местная система отопления?
7. Какие бывают виды теплоносителя?
8. Что такое гравитационная система отопления?
9. Что такое система отопления с искусственной циркуляцией?
10. Что такое система отопления с верхней разводкой?
11. Что такое система отопления с нижней разводкой?
12. Что такое система отопления с опрокинутой циркуляцией?
13. Как отличаются система отопления с попутным движением воды и тупиковая система отопления?
14. Как классифицируются системы отопления по расположению труб с отопительными приборами?
15. Что такое пофасадное регулирование системы отопления?
16. Для чего предусматривается уклон в системах отопления?
17. Для чего предусматриваются воздухоборники в системах отопления?
18. Чему равна тепловая нагрузка отопительного прибора?
19. Какие требования предъявляются к отопительным приборам?
20. Что такое радиационные приборы?
21. Что такое конвективно-радиационные приборы?
22. Что такое конвективные приборы?
23. Назовите виды отопительных приборов.
24. Из каких материалов изготавливаются отопительные приборы?
25. Назовите виды радиаторов.
26. Что такое гладкотрубный прибор?
27. Что такое конвектор?
28. Что учитывают при выборе вида отопительного прибора?
29. Что такое коэффициент теплопередачи отопительного прибора?
30. Что влияет на коэффициент теплопередачи отопительных приборов?

31. Для чего производится тепловой расчет приборов?
32. Как производится регулирование теплового потока отопительных приборов?
33. Для чего производится гидравлический расчет системы отопления?
34. Что такое «сухой» конденсатопровод?
35. В каких случаях применяется воздушное отопление?
36. Что такое печное отопление?
37. Как осуществляется газовое отопление?
38. Основное оборудование теплового узла.
39. Что такое ИТП?
40. Назовите виды теплообменников.

Коллоквиум № 4 (Темы 6, 7)

1. Что называется водоснабжением?
2. Что называется системой водоснабжения?
3. Как делятся системы водоснабжения по роду обслуживаемых объектов?
4. Что значит хозяйственная система водоснабжения?
5. Что такое производственная система водоснабжения?
6. Что такое самотечная система водоснабжения?
7. Какую обработку проходит вода из источника водоснабжения?
8. Какие существуют источники водоснабжения?
9. Для чего предусматриваются зоны санитарной охраны?
10. Что такое наружная водопроводная сеть?
11. Какие требования предъявляются к качеству воды?
12. Какие производятся анализы воды?
13. Что такое канализация?
14. Что такое общесплавная система канализации?
15. Что такое раздельная система канализации?
16. Что такое полураздельная система канализации?
17. Что такое комбинированная система канализации?
18. Как осуществляется очистка сточных вод?
19. Как классифицируются сточные воды по составу?
20. Какие требования предъявляются к санитарно-техническим приборам?

21. Назовите виды санитарно-технических приборов.
22. Материал трубопроводов при проектировании систем водоснабжения.
23. Что называется внутренним водопроводом?
24. Назовите основные конструктивные элементы системы внутренней канализации.
25. Чем определяются габариты санитарного узла?
26. Что такое ливневая канализация зданий?
27. Назовите схемы ливневой канализации.
28. Какие схемы систем водоснабжения фонтанов вы знаете?
29. Назовите основные элементы мусоропроводов.
30. Как осуществляется мусороудаление из зданий?
31. Приведите классификацию лифтов по перемещаемым грузам.
32. Назовите основные элементы лифтов.

Коллоквиум № 5 (Темы 8, 9, 10)

1. Что называется теплоснабжением?
2. Что такое местная система теплоснабжения?
3. Что такое центральная система теплоснабжения?
4. Что такое централизованная система теплоснабжения?
5. Что такое теплофикация?
6. В каком виде потребители могут получать тепловую энергию?
7. Что такое тепловые сети?
8. Из каких элементов состоит принципиальная схема системы теплоснабжения?
9. Какие есть способы прокладки трубопроводов?
10. Что такое теплота сгорания газа?
11. Как разделяют газы по происхождению?
12. Как соединяются между собой газопроводы?
13. Как делятся распределительные газопроводы по давлению?
14. Для чего устанавливают газовые регуляторные пункты?
15. Перечислите основные элементы системы газоснабжения здания.
16. Какое оборудование обязательно должно устанавливаться на газопроводе перед газовым прибором?
17. Где происходит приготовление горячей воды в местных системах горячего водоснабжения?

18. Где происходит приготовление горячей воды в системах централизованного горячего водоснабжения?
19. В каких случаях необходима циркуляция горячей воды в системе горячего водоснабжения жилого здания?
20. Что такое электроснабжение?
21. Что такое электрооборудование зданий?
22. Для чего применяются трансформаторные станции?
23. Что такое питающая сеть?
24. Что такое распределительная сеть?
25. Что такое ВРУ?
26. Сколько линий для питания квартиры предусматривается при наличии электроплит?
27. Перечислите виды освещения зданий.
28. Что такое автоматизация систем энергоснабжения?
29. Что является объектом регулирования?
30. Что такое регулятор системы?
31. Что относится к пассивному использованию энергии солнца?
32. Что относится к активному использованию энергии солнца?
33. Что относится к нетрадиционным источникам энергии?
34. Что такое энергоэкономичное здание?
35. Что такое биореактор?
36. Что относится к низкопотенциальным источникам энергии?
37. Что такое система автоматического контроля?
38. Для чего предусматривается диспетчеризация автоматизированных систем?

ВОПРОСЫ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

1. Метеорологические условия в помещении.
2. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций.
3. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций.
4. Потери теплоты через ограждающие конструкции (основные и добавочные).
5. Фильтрация воздуха. Потери теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха.
6. Мероприятия для снижения потерь теплоты зданием. Энергоэффективные здания.
7. Тепловой баланс в помещении в холодный период года.
8. Тепловой баланс в помещении в теплый период года.
9. Понятие вентиляции. Классификация систем вентиляции.
10. Схемы организации воздухообмена в помещениях.
11. Воздухообмен. Расчетное значение воздухообмена.
12. Приточная механическая вентиляция. Приточные центры.
13. Вытяжная механическая вентиляция. Вентиляторы.
14. Шум в системах вентиляции и методы борьбы с ним.
15. Устройства для раздачи и забора воздуха в помещении.
16. Местная вентиляция.
17. Кондиционирование воздуха. Классификация систем кондиционирования воздуха.
18. Системы вытяжной естественной вентиляции в жилых зданиях.
19. Аэродинамический расчет воздуховодов систем вентиляции.
20. Тепловая мощность системы отопления.
21. Общее понятие о системе отопления. Классификация систем отопления.
22. Системы парового отопления.
23. Системы воздушного отопления.
24. Лучистое отопление.
25. Печное отопление.
26. Газовое отопление.
27. Электрическое отопление.
28. Элементы систем водяного отопления. Их размещение в здании.
29. Системы водяного отопления.
30. Гидравлический расчет системы отопления.
31. Отопительные приборы.

32. Тепловой расчет отопительных приборов.
33. Основное понятие о теплоснабжении.
34. Тепловые сети.
35. Газообразное топливо. Его основные характеристики.
36. Распределительные газовые сети. Газовый регуляторный пункт.
37. Прокладка газопроводов в здании.
38. Системы горячего водоснабжения.
39. Общие понятия об использовании энергии солнца.
40. Пассивное использование энергии солнца.
41. Активное использование энергии солнца.
42. Использование низкопотенциальных источников энергии и энергии ветра.
43. Здания с эффективным использованием энергии.
44. Водоснабжение. Классификация систем водоснабжения населенного пункта.
45. Источники водоснабжения.
46. Наружные водопроводные сети.
47. Системы канализации населенных пунктов и предприятий.
48. Методы очистки сточных вод.
49. Санитарно-технические приборы.
50. Система водоснабжения здания.
51. Система внутренней канализации.
52. Мусороудаление из зданий.
53. Ливневая канализация зданий.
54. Электроснабжение. Электрооборудование зданий.
55. Наружные электрические сети. Трансформаторные подстанции.
56. Внутренние электрические сети.
57. Электрические сети промышленных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.– М.: Изд-во стандартов, 1988.
2. ГОСТ 21.101-93. Основные требования к рабочей документации. Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1995.
3. ГОСТ 21.205-93. Система проектной документации для строительства. Условные обозначения элементов санитарно-технических систем. – Минск: Минсктиппроект, 1994.
4. ГОСТ 21.602-79. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Рабочие чертежи. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 16 с.
5. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1998.
6. СНБ 2.04.02-2000. Строительная климатология. – Минск: Минстройархитектуры, 2001.
7. СНБ 4.02.01-03. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск: Минстройархитектуры, 2004.
8. СНБ 3.02.04-03. Жилые здания. – Минск: Минстройархитектуры, 2003.
9. ТКП 45-4.03-267-2012 (02250). Газораспределение и газопотребление. Строительные нормы проектирования. – Минск.: Минстройархитектуры, 2012.
10. ТКП 45-1.03-40-2006 (02250). Безопасность труда в строительстве. Общие требования. – Минск: Минстройархитектуры, 2007.
11. ТКП 45-1.03-44-2006 (02250). Безопасность труда в строительстве. Строительное производство. – Минск: Минстройархитектуры, 2007.
12. ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. – Минск: Минстройархитектуры, 2007.
13. Богословский, В.Н. Отопление: учебник для вузов / В.Н. Богословский, А.Н. Сканава. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.
14. Варфоломеев, Ю.М. Санитарно-техническое оборудование зданий / Ю.М. Варфоломеев, В.А. Орлов; под общ. ред. проф. Ю.М. Варфоломеева. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 249 с.
15. Внутренние санитарно-технические устройства / В.Н. Богословский [и др.]; под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. В 3 ч. – М.: Стройиздат, 1990. – Ч. 1: Отопление. – 344 с.

16. Внутренние санитарно-технические устройства / В.Н. Богословский [и др.]; под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. В 3 ч. – М.: Стройиздат, 1992. – Ч. 3: Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1. – 319 с.
17. Внутренние санитарно-технические устройства / Б.В. Баркалов [и др.]; под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. В 3 ч. – М.: Стройиздат, 1992. – Ч. 3: Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2. – 416 с.
18. Мурзаков, В.В. Основы технической термодинамики / В.В. Мурзаков. – М.: Энергия, 1973. – 304 с.
19. Родивилина, Т.Ю. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция / Т.Ю. Родивилина, В.М. Иванов. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1997. – Часть IV: Газоснабжение.
20. Сазонов, Э.В. Вентиляция общественных зданий: учеб. пособие / Э.В. Сазонов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991. – 188 с.
21. Самойлов, В.С. Инженерное оборудование дома и участка / В.С. Самойлов. – М.: ООО «Аделант», 2004. – 320 с.
22. Теплотехника: учебник для вузов / под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 1999. – 671 с.
23. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция / К.В. Тихомиров, Э.С. Сергеенко. – М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.
24. ТКП 45-4.04-149-2009. Системы электрооборудования жилых и общественных зданий. Правила проектирования: – Минск: МинАрхСтрой РБ, 2009.
25. Инженерное оборудование зданий и сооружений / под ред. Ю.А. Табунщикова. – М.: Высш. шк., 1989. – 238 с.
26. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции / А.А. Калмаков [и др.]; под ред. В.Н. Богословского. – М.: Стройиздат, 1986. – 479 с.

Учебное издание

КУНДРО Нина Викторовна
ЗАФАТАЕВ Виталий Анатольевич

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗДАНИЙ

Учебно-методический комплекс для студентов
специальности 1-69 01 01 «Архитектура»

Редактор *Т. В. Булах*

Дизайн обложки *В. А. Виноградовой*

Подписано в печать 19.09.2013. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 11,6. Уч.-изд. л. 10,9. Тираж 30 экз. Заказ 1334.

Издатель и полиграфическое исполнение –
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

ЛИ № 02330/0548568 от 26.06.2009. ЛП № 02330/0494256 от 27.05.2009.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк