

Ю. Н. Виноградов, В. Д. Косой,  
О. Ю. Новик

# **Проектирование предприятий мясомолочной отрасли и рыбообрабатывающих производств**

*Теоретические основы  
общестроительного проектирования*

Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области технологии сырья и продуктов животного происхождения в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 260300 «Технология сырья и продуктов животного происхождения» для специальностей 260301, 260302, 260303

Санкт-Петербург  
ГИОРД  
2005

УДК 721.01 : 01 : 658 : 637.1/56

ББК 38.72

В49

Рецензенты: *Г. Е. Лимонов*, д-р. техн. наук, проф. ВНИИМП, чл. кор. РАСХН; *В. В. Козлов*, д-р. техн. наук, проф., зав. каф. Строительных материалов МГСУ им. В. В. Куйбышева; *О. А. Камалян*, гл. инж. ЗАО БРПИ (БАСКИНРОБИНС); *А. Н. Абрамов*, канд. техн. наук, техн. директор ОАО «Царицыно»

**Виноградов Ю. Н. и др.**

В49 Проектирование предприятий мясомолочной отрасли и рыбообработывающих производств. Теоретические основы общестроительного проектирования / Ю. Н. Виноградов, В. Д. Косой, О. Ю. Новик. — СПб.: ГИОРД, 2005. — 336 с.: ил.

ISBN 5-901065-97-2

В книге излагаются современные методы общестроительного проектирования мясной, молочной и рыбной промышленности, включающие разработку генеральных планов, конструирование промышленных зданий и холодильников, реконструкцию предприятий, инженерное обеспечение систем отопления, вентиляции, водопровода и канализации.

Для студентов технологического, биотехнологического факультетов и факультета холодильной техники и технологии.

УДК 721.01 : 01 : 658 : 637.1/56

ББК 38.72

© Ю. Н. Виноградов, В. Д. Косой,  
О. Ю. Новик, 2005

ISBN 5-901065-97-2

© ЗАО ГИОРД, 2005

# Оглавление

Введение.....	10
<b>Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЯСОМОЛОЧНОЙ ОТРАСЛИ И РЫБООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ .....</b>	<b>12</b>
§ 1. Общие вопросы проектирования .....	12
§ 2. Содержание проектной документации и стадии проектирования .....	13
§ 3. Инженерные изыскания .....	16
§ 4. Основные требования к генеральным планам .....	17
§ 5. Генеральные планы предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности .....	23
§ 6. Генеральные планы промышленных районов и узлов .....	27
§ 7. Проект организации строительства и проект производства работ .....	30
§ 8. Реконструкция предприятий .....	33
§ 9. Общие сведения о системе автоматизированного проектирования .....	35
§ 10. Задачи дипломного проектирования .....	41
<b>Глава 2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....</b>	<b>45</b>
§ 1. Классификация строительных материалов .....	45
§ 2. Природные каменные и лесные материалы.....	47
§ 3. Строительная керамика.....	49
§ 4. Вяжущие материалы и строительные растворы .....	51
§ 5. Бетон и железобетон .....	55
§ 6. Кровельные и гидроизоляционные материалы.....	58
§ 7. Теплоизоляционные и акустические материалы.....	60
§ 8. Материалы на основе полимеров .....	63
§ 9. Лакокрасочные материалы .....	65
<b>Глава 3. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ.....</b>	<b>66</b>
§ 1. Классификация зданий и сооружений .....	66
§ 2. Унификация и типизация промышленных зданий и их элементов.....	68

§ 3. Основные конструктивные схемы и элементы зданий . . . . .	70
§ 4. Объемно-планировочные решения зданий . . . . .	73
§ 5. Вспомогательные здания и помещения . . . . .	78
§ 6. Интерьер зданий . . . . .	83
§ 7. Основания и фундаменты . . . . .	85
§ 8. Каркасы зданий . . . . .	93
§ 9. Стены и перегородки . . . . .	102
§ 10. Покрытия . . . . .	108
§ 11. Междуетажные перекрытия . . . . .	110
§ 12. Полы . . . . .	111
§ 13. Окна и фонари . . . . .	114
§ 14. Ворота и двери . . . . .	117
§ 15. Лестницы . . . . .	119
§ 16. Облегченные строительные конструкции . . . . .	121
<b>Глава 4. СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ . . . . .</b>	<b>128</b>
§ 1. Процесс передачи тепла через конструкции зданий . . . . .	128
§ 2. Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций . . . . .	130
§ 3. Определение потерь тепла зданиями . . . . .	133
§ 4. Пример теплотехнического расчета ограждающих конструкций . . . . .	135
§ 5. Классификация систем отопления . . . . .	137
§ 6. Конструктивные схемы систем отопления . . . . .	138
§ 7. Отопительные приборы . . . . .	150
§ 8. Трубопроводы систем отопления и арматура . . . . .	154
§ 9. Монтаж, регулирование и эксплуатация систем отопления . . . . .	157
§ 10. Пример расчета площади поверхности отопительных приборов . . . . .	159
<b>Глава 5. СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ . . . . .</b>	<b>162</b>
§ 1. Методы определения воздухообмена . . . . .	162
§ 2. Классификация и устройство систем вентиляции . . . . .	167
§ 3. Вентиляторы и вентиляторные установки . . . . .	185
§ 4. Выбор системы вентиляции, подбор и монтаж вентиляционного оборудования . . . . .	190
§ 5. Подбор вентилятора . . . . .	194
§ 6. Эксплуатация систем вентиляции . . . . .	196
§ 7. Пример расчета приточной системы вентиляции . . . . .	200

<b>Глава 6. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ</b> .....	<b>204</b>
§ 1. Классификация и устройство систем водоснабжения	204
§ 2. Нормы водопотребления и требования к качеству воды	207
§ 3. Наружный водопровод	209
§ 4. Насосные станции	212
§ 5. Гидравлический расчет наружных водопроводов	215
§ 6. Обработка воды	216
§ 7. Внутренний водопровод	221
§ 8. Гидравлический расчет внутреннего водопровода	226
§ 9. Системы горячего водоснабжения	228
§ 10. Производственное водоснабжение	233
§ 11. Эксплуатация систем водоснабжения	237
§ 12. Использование ЭВМ для расчета водопроводных сетей	245
§ 13. Пример расчета трубопровода системы водоснабжения и подбор насоса	250
<b>Глава 7. СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ</b> .....	<b>253</b>
§ 1. Классификация систем канализации	253
§ 2. Сточные воды предприятий	254
§ 3. Внутренняя канализация	258
§ 4. Наружная канализация	264
§ 5. Гидравлический расчет трубопроводов	268
§ 6. Использование ЭВМ для расчета канализационных сетей	270
§ 7. Пример расчета диаметра труб и скорости движения сточных вод	272
<b>Глава 8. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ВОДНОЙ И ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ</b> .....	<b>274</b>
§ 1. Методы очистки сточных вод	274
§ 2. Механическая очистка сточных вод	276
§ 3. Биологическая очистка сточных вод	282
§ 4. Утилизация канализационных отходов производства	288
§ 5. Удаление мусора	290
§ 6. Расчет решеток	293
§ 7. Расчет песколовки-жироловки	293
§ 8. Источники загрязнения воздушной среды на предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности	295

§ 9. Меры защиты воздушной среды от выбросов предприятий . . . . .	300
§ 10. Архитектурно-планировочные мероприятия по защите воздушной среды . . . . .	301
<b>Глава 9. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА . . . . .</b>	<b>304</b>
§ 1. Основы научной организация труда на предприятии . . . . .	304
§ 2. Психофизиологические основы организации труда . . . . .	307
§ 3. Эргономика и техническая эстетика . . . . .	309
<b>Глава 10. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ . . . . .</b>	<b>312</b>
§ 1. Сметная документация и финансирование строительства . . . . .	312
§ 2. Правила разработки и применения норм накладных расходов и сметной прибыли . . . . .	314
§ 3. Основные правила по определению сметной стоимости . . . . .	315
§ 4. Принципы формирования свободных (договорных) цен на строительную продукцию. . . . .	317
<b>Заключение. . . . .</b>	<b>319</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ. . . . .</b>	<b>320</b>
Приложение 1. Теплотехнические характеристики некоторых строительных конструкций . . . . .	320
Приложение 2. Основные физико-технические показатели некоторых теплоизоляционных и строительных материалов . . . . .	320
Приложение 3. Расчетные внутренние температуры и кратности воздухообменов в холодный переходный период года . . . . .	322
Приложение 4. Физические свойства воздуха при давлении 0,1 МПа [760 мм рт. ст.] . . . . .	324
Приложение 5. Оптимальные температурно-влажностные условия на постоянных рабочих местах, в рабочей зоне производственных помещений и в обслуживаемой зоне других помещений . . . . .	324
Приложение 6. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. . . . .	325

Приложение 7. Удельные нормы водопотребления и водоотведения для мясной и молочной промышленности (в м <sup>3</sup> на 1 т перерабатываемого сырья).....	326
Приложение 8. Расход воды и стоков санитарными приборами.....	327
Приложение 9. Технические характеристики водопроводного насосного оборудования.....	328
Приложение 10. Значение гидравлического уклона $i$ (в мм вод. ст. на 1 м трубопровода) и скорости течения воды $V$ (в м/с) для стальных труб.....	329
<b>Библиографический список .....</b>	<b>330</b>

# Введение

Курс «Проектирование предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности» состоит из двух частей: общестроительное проектирование и технологическое проектирование.

В курсе «Проектирование предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности» изучаются вопросы проектирования, расчета, конструирования, строительства, эксплуатации предприятий и сантехнических систем мясной, молочной и рыбной отраслей.

Основная цель дисциплины — формирование у будущих специалистов прочных знаний в области проектирования промышленных объектов, а также предприятий малой мощности по переработке продукции отрасли.

Задачи курса связаны с освоением основных этапов общестроительного и технологического проектирования, организацией и проектированием технологических процессов, компоновочных узлов, поточных линий с целью получения продукции высокого качества, конкурентоспособной на внутреннем и внешнем рынках.

Будущие специалисты мясной, молочной и рыбной промышленности должны уметь формулировать цели проектирования, обосновывать технические решения, выявлять приоритетные подходы в решении задач, разрабатывать обобщенные варианты решения задач, проводить анализ этих вариантов; проектировать планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест; эксплуатировать предприятия мясной, молочной и рыбной промышленности и их сантехнические системы.

Настоящее учебное пособие составлено в соответствии с примерными программами дисциплин и является частью, посвященной вопросам общестроительного проектирования.

В учебном пособии использованы материалы и техническая документация проектных и научно-исследовательских институтов отраслей, Госстроя РФ, а также результаты исследований авторов, выполненных за последние годы.

Изучив курс «Проектирование предприятий отрасли» студенты получают знания, необходимые для инженера мясной, молочной и рыб-



ной промышленности, которые помогут им свободно разбираться в специальных проектах, а при необходимости самостоятельно осуществлять эксплуатацию и ремонт промышленных зданий и их санитарно-технических систем.

Учебное пособие может быть использовано инженерно-техническими работниками пищевых предприятий, проектных и конструкторских организаций.

# **Глава 1. Основные положения общестроительного проектирования мясомолочной отрасли и рыбообрабатывающих производств**

## **§ 1. Общие вопросы проектирования**

Общестроительное проектирование включает в себя выполнение соответствующих технических и экономических расчетов, которые в законченном виде представляют собой комплекс технической документации, называемой проектом.

Проектирование сложных объектов осуществляется проектными организациями. Предприятия мясной, молочной и рыбной промышленности проектируются на основе схем развития и размещения этих отраслей и производственных сил по экономическим районам и областям. Содержание, состав, порядок разработки, согласование и утверждение проектно-сметной документации, по которой должно осуществляться строительство новых, расширение, реконструкция и техническое перевооружение действующих предприятий, зданий и сооружений, установлены строительными нормами и правилами (СНиП). Проектно-сметная документация на экспериментальное строительство разрабатывается в соответствии с положениями о проектировании и строительстве экспериментальных объектов, утвержденными Госстроем РФ.

Проектирование нового строительства, расширение, реконструкция и техническое перевооружение действующих предприятий, зданий и сооружений осуществляются на основе решений, принятых в утвержденных технико-экономических обоснованиях (ТЭО) или технико-экономических расчетах (ТЭР) строительства. При проектировании предприятий, зданий и сооружений производственного назначения учитывают решения, принятые в схемах и проектах районной планировки, в генеральных планах городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов, в проектах планировки промышленных зон городов (районов), а также в схемах генеральных планов групп предприятий с общими объектами (промышленных узлов).

В составе этих схем разрабатываются материалы с необходимыми расчетами, обосновывающие целесообразность проектирования, строительства, реконструкции и расширения предприятий, зданий и

сооружений, определяются расчетная стоимость строительства и другие основные технико-экономические показатели объектов.

Проектные и изыскательские организации при проектировании предприятий, зданий и сооружений должны обеспечивать: реализацию достижений науки, техники, передового и зарубежного опыта; высокую эффективность капитальных вложений; рациональное использование земель, охрану окружающей природной среды, а также сейсмостойкость, взрыво- и пожаробезопасность объектов; комплексное использование сырья и материалов; рациональное использование природных ресурсов и экономическое расходование материальных и топливно-энергетических ресурсов; требуемый уровень автоматизации систем управления предприятиями.

Важнейшими направлениями в проектировании должны быть типизация проектных решений на базе унификаций архитектурно-планировочных, конструктивных и технологических узлов, конструкций и изделий, а также широкое применение типовых проектов.

## **§2. Содержание проектной документации и стадии проектирования**

Задание на проектирование предприятия, здания и сооружения составляется заказчиком проекта с привлечением генерального проектировщика на основе материалов и расчетов, выполненных для данного объекта.

Участие проектных организаций в составлении задания на проектирование входит в комплекс работ по разработке проекта предприятия, здания или сооружения.

В задании на проектирование предприятия, здания или сооружения указывается: наименование предприятия, здания или сооружения; основание для проектирования; вид строительства; район, пункт и площадка для строительства; номенклатура для продукции и мощность производства основных видов ее (в натуральном и стоимостном выражении) по предприятию, сооружению; режим работы предприятия и его хозяйственного кооперирования; требования по защите окружающей среды и утилизации отходов производства; необходимость автоматизации управления производством; объем капитальных вложений; намечаемые сроки строительства; требования по разработке

вариантов проекта; стадийность проектирования; наименование генеральной проектной и строительной организации.

Проектом называют комплекс графических и текстовых материалов, содержащих решения по технологии и оборудованию будущего предприятия или здания, архитектурно-планировочные и конструктивные решения, технико-экономические расчеты и обоснования, сметы и необходимые пояснения.

В соответствии с заданием на проектирование могут разрабатываться индивидуальные, повторно применяемые и типовые проекты. Объекты массового строительства, как правило, сооружаются по типовым проектам. В качестве повторно применяемых проектов используют наиболее удачные индивидуальные. Многократная привязка таких проектов имеет место при отсутствии или недостаточном наборе типовых решений. Индивидуальное проектирование разрешается лишь в случае невозможности или нецелесообразности применения соответствующего типового проекта. Индивидуальные проекты разрабатываются только для однократного строительства здания или сооружения или их комплекса.

Проектирование ведется применительно к конкретным условиям рельефа местности, климата, геологических и гидрологических условий и т. д.

Типовой проект — лучшее из аналогичных по назначению и основным параметрам проектное решение предприятия, здания или сооружения, утвержденное в соответствующем порядке для многократного проектирования. Типовой проект позволяет резко снизить стоимость строительства.

При составлении проекта большое внимание обращается на экономное использование земли, эффективные средства защиты окружающей среды от загрязнения (применение систем оборотного водоснабжения, уменьшение количества сточных вод, исключение вредных выбросов в атмосферу).

Проекты должны предусматривать: прогрессивную технологию, новейшее высокопроизводительное оборудование; комплексную механизацию и автоматизацию; экономное расходование сырья и материалов; максимальное использование попутной продукции и отходов; снижение материалоемкости; сокращение трудоемкости строительства; высокое качество строительных работ; сокращение сроков и стоимости строительства; экономию энергетических ресурсов.

Предприятия, здания и сооружения проектируют в одну стадию — рабочий проект со сводным сметным расчетом стоимости, или в две

стадии — проект со сводным сметным расчетом стоимости и рабочая документация со сметами.

В одну стадию проектируют предприятия, здания и сооружения, которые будут строить по типовым и повторно применяемым проектам, а также технически несложные объекты и объекты технического перевооружения. Другие объекты строительства, в том числе крупные и сложные, проектируют в две стадии.

Разработка рабочих проектов и проектов на строительство предприятий, зданий и сооружений осуществляется на основе утвержденных ТЭО (ТЭР) материалов по выбору площадки для строительства и в соответствии с заданием на проектирование.

Необходимую работу и детализацию проектных решений, уточнение основных технико-экономических показателей, в том числе стоимости проектируемых объектов осуществляют в рабочих проектах и проектах с учетом вариантных проработок.

Рабочий проект и проект на новое строительство, расширение и реконструкцию действующих предприятий, зданий и сооружений или их очередей состоит из следующих разделов: общая пояснительная записка, генеральный план и транспорт, технологические решения, организация труда рабочих и служащих, управление предприятием, строительные решения, организация строительства, охрана окружающей природной среды, жилищно-гражданское строительство, сметная документация, паспорт рабочего проекта (проекта).

Для определения сметной стоимости проектируемых предприятий, зданий, сооружений или их очередей составляют следующую документацию:

- ♦ в составе рабочего проекта (при одностадийном проектировании): сводный сметный расчет, сводка затрат, объектные и локальные сметы (при продолжительности строительства до двух лет, а также при строительстве, осуществляемом по типовым и повторно применяемым проектам), объектные сметные и локальные сметные расчеты (при продолжительности строительства свыше двух лет, а на объем работ первого года строительства — объектные и локальные сметы), сметы на проектные и изыскательские работы;

- ♦ в составе проекта (при двухстадийном проектировании): сводный сметный расчет, сводка затрат, объектные и локальные сметные расчеты, сметы на проектные и изыскательские работы;

- ♦ в составе рабочей документации: объектные и локальные сметы.

Типовые проекты промышленных зданий привязывают к местным условиям строительства с учетом топографических, геологических, гидрогеологических, климатических особенностей строительства, т. е. частично их корректируют. В ходе привязки типовых проектов выполняют следующие проектные работы: определяют координаты и отметки частей зданий и сооружений; уточняют глубину заложения фундаментов и размеры их конструктивных решений и подземного хозяйства с учетом гидрогеологических условий; дорабатывают конструкции цокольных и подвальных этажей, а также узлов примыкания к зданиям галерей, эстакад, тоннелей и других сооружений с учетом рельефа местности строительства.

### **§3. Инженерные изыскания**

До утверждения задания на проектирование при составлении технико-экономического обоснования строительства объекта выбирают площадку для постройки предприятия и проводят на ней технические изыскания.

Место расположения площадки должно обеспечивать возможность соблюдения санитарных и противопожарных норм, применения рациональных решений по водоснабжению, энергоснабжению, отводу сточных вод, охране водоемов, почвы и атмосферного воздуха от загрязнения сточными водами и промышленными выбросами, а также по наиболее целесообразному расселению работающих данного предприятия и доставке их к месту работы. Под строительную площадку необходимо использовать малопродуктивные земли.

При наличии двух или нескольких географических точек или площадок в одном географическом пункте до составления окончательных выводов по технико-экономическому обоснованию строительства объекта проводят технические изыскания по каждой площадке для сравнения различных вариантов. В процессе этих изысканий определяют размеры и рельеф площадки, геологические, гидрогеологические и метеорологические данные, а также источники снабжения проектируемого объекта энергией, водой, способы очистки и удаления сточных вод. Кроме того, выявляют наилучшие условия использования железнодорожных, водных и автомобильных путей сообщения, а также условия организации на площадке строительных и монтажных работ — обеспечение энергией, водой в период строительства, обеспечение жильем ра-

бочих, возможность получения местных строительных материалов, готовых строительных элементов конструкций и т. д.

Проектно-изыскательные работы выполняются соответствующими организациями на основании договоров, заключаемых с ними заказчиком в соответствии с Правилами о договорах на выполнение проектных и изыскательских работ. Подрядчиком является проектная организация — генеральный проектировщик, которая в необходимых случаях привлекает на договорных началах субподрядные специализированные проектные и изыскательские организации для разработки проектов отдельных зданий и сооружений, частей, разделов проекта и выполнения отдельных видов работ.

Инженерные изыскания ведут по следующим направлениям: *топографические* — определение рельефа местности, наличия лесов, водных источников, болот, промышленных предприятий, дорог, различных коммуникаций; *геологические* — установление характера строения и напластования грунтов; *гидрогеологические* — определение характеристики воды и глубины ее залегания; *климатологические* — определение температуры и влажности воздуха в различные периоды года, количества атмосферных осадков, направления и скорости ветров.

Проектно-изыскательские работы выполняют с применением современных экономико-математических методов и использованием межотраслевых и отраслевых программных средств для вычислительной техники, систем автоматизированного проектирования и систем обработки информации, способствующих сокращению сроков проектирования и снижению затрат на выполнение работ, повышению производительности труда работников проектно-изыскательных организаций и качества проектно-сметной документации.

Разработку проектно-сметной документации по крупным предприятиям и сооружениям (электроснабжение, теплоизоляция, вентиляция, антикоррозионная защита строительных конструкций, изделий и др.) поручают проектным организациям, специализированным по видам работ.

## **§4. Основные требования к генеральным планам**

Генеральный план — один из важнейших разделов комплексного проекта предприятия. Генеральный план представляет собой схему (в

масштабе 1 : 1000 или 1 : 500) проектируемого объекта промышленного комплекса с расположением проектируемых и существующих зданий и сооружений, основными проездами, подъездными железнодорожными путями, озеленением и благоустройством.

Разработку генеральных планов новых и реконструируемых предприятий и промышленных районов (группы предприятий) ведут в соответствии с главой СНиП II-89–90 «Генеральные планы промышленных предприятий». Кроме того, необходимо соблюдать соответствующие требования глав СНиП, инструкций по разработке схем генеральных планов, промышленных узлов и других нормативных документов, утвержденных или согласованных с Госстроем РФ.

В основу разработки генерального плана закладываются схемы подачи сырья и вывоза готовой продукции. Схемы должны исключать транспортные встречи готовой продукции с сырьем.

Генеральный план предприятия разрабатывают исходя из обеспечения наилучшей организации технологического процесса, применения прогрессивных видов транспорта и рационального использования территории.

Здания и сооружения на генеральном плане размещают с учетом минимальной протяженности наружных коммуникаций (электрокабельных, холодных и горячих трубопроводов, канализационных сетей и т. д.), обеспечивающих технологический процесс в проектируемых зданиях и сооружениях.

Расстояние между зданиями и сооружениями должно отвечать требованиям санитарных норм проектирования промышленных предприятий.

Взаимное расположение зданий и сооружений осуществляется с учетом выделяемых производственных вредностей и преобладающих ветров.

Промышленные предприятия, выделяющие производственные вредности (газ, дым, копоть, пыль, неприятные запахи и шум), необходимо располагать по отношению к жилому ближнему району с подветренной стороны для господствующих ветров. Их отделяют от границ жилых районов санитарно-защитными зонами (разрывами).

Господствующее направление ветров принимают по ветру теплого периода на основе многолетних наблюдений (СНиП 23-01–99 «Строительная климатология»).

Санитарно-защитной зоной считают территорию между производственными помещениями, складами и установками, выделяющими



производственные вредности, и жилыми, лечебно-профилактическими стационарного типа и культурно-бытового назначения зданиями жилого района.

Санитарно-защитная зона (разрыв) устанавливается в зависимости от класса предприятия («Санитарно-эпидемиологические правила и нормы» СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03).

В соответствии с характером производства и технологических процессов, являющихся источником выделения производственных вредностей в окружающую среду, предприятия мясной, молочной и рыбной промышленности разделены на пять классов:

- ♦ *I класс* — скотобазы;
- ♦ *II класс* — бойни (крупного и мелкого скота), мясокомбинаты и мясохладобойни, включая базы для предубойного содержания скота в пределах до трехсуточного запаса скотосырья, предприятия по вытапливанию жира из морских животных, предприятия кишечечно-мочечные, предприятия по варке сыра, предприятия мясокопильные, рыбокопильные предприятия;
- ♦ *III класс* — рыбные промыслы, бойни мелких животных и птиц, маслобойные заводы (растительные масла), рыбокомбинаты, рыбоконсервные и рыбофилейные предприятия с утильцехами (без копильных цехов), мясоперерабатывающие заводы;
- ♦ *IV класс* — молочные и маслобойные заводы (животные масла);
- ♦ *V класс* — колбасные фабрики, промышленные установки для низкотемпературного хранения пищевых продуктов емкостью более 600 т.

Ширина санитарно-защитной зоны для предприятий I класса санитарной классификации 1000 м, II — 500, III — 300, IV — 100, V — 50 м.

Здания и сооружения, располагаемые на генплане, группируются в зоны: сырьевую, основного производства, вспомогательного производства, водопроводных сооружений.

Водопроводные сооружения предусматриваются в зависимости от характера принятых источников водоснабжения:

- ♦ при источнике водоснабжения от городских сетей — противопожарный резервуар;
- ♦ при источнике водоснабжения от артезианских скважин (две артезианские скважины — одна рабочая и одна резервная) — водонапорная башня, насосная и противопожарный резервуар.

Котельная, работающая на твердом топливе, обеспечивается площадками для топлива, шлака или золы.

Котельная, работающая на жидком топливе, обеспечивается подземными резервуарами с насосной станцией.

Котельная, работающая на газе, обеспечивается подземной емкостью для резервного жидкого топлива.

При проектировании мясокомбинатов предусматривается объединение производственных, подсобно-производственных, складских (за исключением складов легковоспламеняющихся материалов) и вспомогательных помещений в следующих укрупненных блоках:

- ♦ блок основных производств, размещаемых в главном производственном корпусе: мясо-жировой, колбасный и консервный цехи, птицепех, холодильное отделение и другие подсобно-производственные помещения, включая помещение предубойного содержания скота, а также вспомогательные бытовые помещения (при одноэтажном решении главного производственного корпуса). При многоэтажном решении вспомогательные бытовые помещения (раздевалки, душевая, санузел, помещения для отдыха и др.) выносят в административно-бытовой корпус;

- ♦ база для приемки скота с приемными и сортировочными загонами, в отдельных случаях прием и содержание скота при близком расположении их к территории мясокомбината может объединяться с базами концентрации и откорма скота и птицы;

- ♦ санитарный блок в составе санитарной бойни, карантин, изолятора, конторы приема скота и помещения для санитарной обработки и отдыха проводников скота (карантин, в зависимости от климатических условий, может располагаться в открытых загонах).

На предприятиях мощностью до 20 т мяса в смену включительно вместо санитарной бойни устраивают изолированную санитарную камеру, располагаемую в блоке основных производств.

При проектировании предприятий молочной промышленности и холодильников блокируют в одном здании основные и подсобно-производственные цехи, конторские, бытовые и лабораторные помещения, а также склады, за исключением складов легковоспламеняющихся материалов и аммиака.

Разрывы между зданиями и сооружениями должны быть минимальными (не менее 6 м) исходя из условий размещения проезжих дорог, тротуаров и инженерных сетей, с соблюдением требований санитарных и противопожарных норм.

Внутри территории мясокомбинатов для ограждения пищевых цехов от вредных воздействий предусматриваются санитарно-защитные разрывы:

♦ от баз предубойного содержания скота, откорма и предубойного содержания птицы до мест погрузки пищевой продукции (экспедицией холодильника и колбасного завода) — не менее 50 м;

♦ от мест погрузки пищевой продукции до закрытых помещений для скота — не менее 25 м, до складов твердого топлива — не менее 30 м и до зольных площадок — не менее 50 м.

Если здания и сооружения проектируемых предприятий мясной и молочной промышленности относятся к 1 и 2 степеням огнестойкости и имеют негоряемые стены и кровли или горяемые кровли по негоряемому основанию, то противопожарные разрывы между производственными зданиями и сооружениями не нормируются.

В проекте генерального плана предприятия предусматривают озеленение свободной от застройки территории предприятия в виде газонов с посадкой деревьев и кустарников. Ширину зеленой зоны планируют от 3 до 5 м.

На территории птицекомбинатов выделяют участки — базы предубойного содержания водоплавающей птицы.

Здания и сооружения базы предубойного содержания скота и птицы, котельную, склады твердого топлива, площадки для золы, а также сооружения для очистки сточных вод располагают с подветренной для господствующих ветров стороны по отношению к производственным зданиям. Помещения и сооружения для предубойного содержания скота и птицы не должны находиться с подветренной стороны по отношению к карантину, изолятору и санитарной бойне. Для хранения топлива, тары, строительных материалов и т. д. на территории предприятий предусматриваются склады, навесы или специально отведенные площадки.

Территорию предприятия ограждают забором. Базу предубойного содержания скота ограждают от остальной территории мясокомбината.

Стены охлаждаемых зданий и помещений ориентируют на северовосточную и северную стороны. Разрывы между зданиями, освещенными через оконные приемы, принимают не менее наибольшей высоты до карниза противостоящих зданий.

Ширину колеи железнодорожных путей принимают 1524 мм.

При проектировании железнодорожных платформ, предусматриваемых на мясоперерабатывающих заводах, рекомендуется устраивать их закрытого типа — типа дебаркадера.

При расположении водозаборных сооружений (артскважин, шахтных колодцев) на территории мясокомбинатов предусматривают рас-

стояние (санитарные резервы) от помещений и сооружений скотобазы не менее 50 м. Резервуары для воды могут размещаться в охранной зоне водозаборных сооружений. В этом случае охранная зона должна быть не менее 15 м, считая от стенки резервуара до границы зоны.

На территории мясокомбината предусматривают песколовку и жиroleвку для очистки производственных вод, содержащих жир.

Расстояние от жиroleвки до производственных корпусов не нормируют и защитную зону около нее не устраивают. Расстояние от самостоятельных очистных сооружений до зданий жилых кварталов и пищевых цехов должно быть не менее 300 м. Расстояние от станций перекачки сточной жидкости до пищевых цехов (мясо-жирового, первичной переработки птицы, колбасного и консервного, кухни-столовой) принимают не менее 50 м, до прочих производственных административно-конторских и бытовых помещений — не менее 25 м.

При площади территории предприятия до 5 га количество въездов на территорию предусматривают не более 2-х (основной и запасной). Ширину ворот въезда принимают не менее 4,5 м.

Ширина автодорог одностороннего проезда — 4,5 м, двухстороннего — 7 м; разворотные площадки для автомобилей — не менее 12 × 12 м. Радиусы поворотов автомобильных дорог внутри территории предприятия принимают не менее 6 м, а в местах сопряжения их с городскими и магистральными проездами — не менее 10 м.

Поток пешеходов не должен пересекаться с потоком автомашин. Тротуары изолируют от проезжей части разделительной полосой шириной 3...5 м с рядовой посадкой деревьев и кустарников; в этой полосе размещают обычно сети подземных коммуникаций. Минимальная ширина тротуара — 0,5 м.

Технико-экономические показатели генерального плана зависят от площади территории, измеряемой в гектарах, коэффициентов застройки и использования участков.

Коэффициент застройки — это отношение площади, занимаемой зданиями и крытыми сооружениями, к площади всего участка.

Для предприятий мясной промышленности его принимают равным 0,4...0,42. Увеличение его связано с сокращением затрат на строительство и эксплуатацию сетей инженерных коммуникаций, транспортных путей и на благоустройство территорий.

Для предприятий молочной промышленности коэффициент застройки принимают в пределах 0,36...0,45. Для рыбоперерабатывающих предприятий 0,4...0,5.

Коэффициент использования участка — это отношение площади, на которой расположены здания, сооружения и устройства, включая дороги (рельсовые и безрельсовые), склады (открытые и закрытые), к площади всего участка. Его принимают равным 0,40...0,55.

Площадь озеленения принимают от 10 до 20 % общей территории предприятия.

## **§5. Генеральные планы предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности**

В практике проектирования предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности для сравнительно небольших городов находят еще применение проекты генеральных планов отдельных предприятий без объединения их в промышленные узлы. Ниже приведены примерные схемы типовых генеральных планов мясокомбината, молочного завода и рыбзавода для пояснения основных принципов их проектирования. При разработке генерального плана предусматривают функциональное зонирование площадки с учетом возможного расширения предприятия в будущем. На рис. 1 представлен пример зонирования территории *мясокомбината* мощностью 50 т мяса в смену.

В первой зоне, предзаводской, размещены административно-бытовой корпус с общезаводской столовой, магазин, гостиница, стоянка автомашин, площадки отдыха и спортивных игр. Эти объекты, имеющие общее назначение, размещают вдоль магистрального проезда со стороны главного людского потока. Вторая зона, производственная, расположена в центральной части площадки. В ней размещены все производственные и подсобно-производственные здания и сооружения — мясо-жировой корпус, холодильник, мясоперерабатывающий корпус, весовая, водопроводные сооружения, градирня. Третья зона — зона складского и энергетического хозяйства расположена, как и основная производственная зона, вдоль подъездных железнодорожных путей. Здесь размещены блок подсобных цехов, площадка для материалов, котельная. В четвертой зоне — зоне приема и предубойного содержания скота, расположенной в обособленном углу площадки вблизи подъездного железнодорожного пути, размещены корпус предубойного содержания скота, санитарная бойня, приемно-сортировочные загоны для скота, пункт мойки и дезинфекции машин.

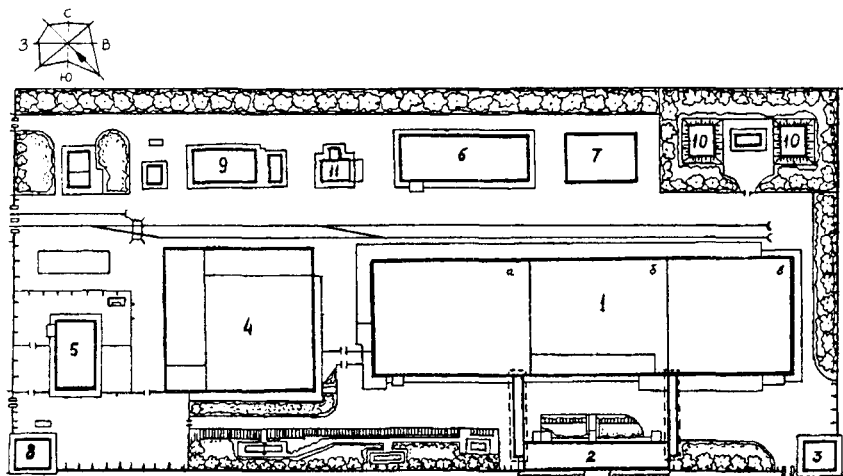


Рис. 1. Генеральный план типового одноэтажного мясокомбината мощностью 50 т в смену: 1 — главное производственное здание (а — мясо-жировой корпус; б — холодильник; в — мясоперерабатывающий корпус); 2 — административное здание; 3 — весовая (12×16 м); 4 — цех предубойного содержания скота с приемными загонами (60×66 м); 5 — контора, карантин изолятор и санитарная бойня (18×24 м); 6 — блок вспомогательных цехов; 7 — навес для материалов (21×32 м); 8 — пункт мойки и дезинфекции автомашин (12×18 м); 9 — котельная (14×28 м); 10 — резервуары для воды (12×12 м); 11 — пескочловка-жирочловка (9×13 м)

Все эти зоны и входящие в них здания и сооружения располагают на генеральном плане с учетом характера выделяемых ими вредных веществ и господствующего направления ветров, устанавливаемого по розе ветров. Так, на рис. 1 господствующим направлением ветров является юго-восточное. При этом направлении ветра воздух будет сначала омыwać административно-бытовой и главные производственные корпуса, а затем уже попадать на зоны, где расположена котельная, корпус предубойного содержания скота и санитарная бойня. Административно-бытовой, мясоперерабатывающий, мясо-жировой и холодильный корпуса соединены между собой надземными переходными галереями. Это обеспечивает кратчайшие и безопасные пути массового передвижения людей по территории предприятия.

Ввод железнодорожных путей запроектирован в зоны складского и энергетического хозяйства и производственную — для подачи сырья и отправки товарных грузов, а основной автомобильный въезд — с противоположной стороны от железнодорожного ввода. Кроме того, по всей длине зданий и сооружений обеспечен подъезд пожарных авто-

мобилей, а при ширине зданий более 18 м такой подъезд обеспечен с двух сторон.

На рис. 2 представлена схема генерального плана типового *молочного завода* мощностью 100 т молока в смену с холодильником вместимостью 1000 т. Безопасность перехода людей из административно-бытового корпуса в производственный обеспечивается устройством надземной галереи. Все технологические цехи по производству молочных продуктов размещены в одном производственном корпусе, расположенном в центральной части площадки, за ним находится вспомогательный корпус (как правило, мастерские). В соответствии с господствующим юго-

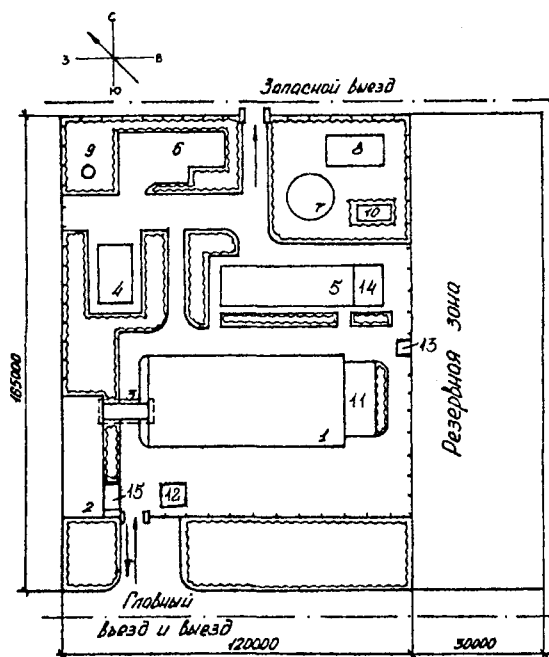


Рис. 2. Схема генерального плана городского молочного завода мощностью 100 т переработки молока в смену;

1 — производственный корпус; 2 — административно-бытовой корпус; 3 — галерея; 4 — котельная (12×20 м); 5 — вспомогательный корпус; 6 — открытая складская площадка; 7 — резервуар для повторного использования воды ( $d = 14$  м); 8 — блок складов (9×18 м); 9 — резервуар для сыворотки ( $d = 6$  м); 10 — градирия (6×12 м); 11 — приемное отделение (12×24 м); 12 — пункт мойки и дезинфекции автомашин (12×18 м); 13 — трансформаторная (4×4 м); 14 — навес для тары (12×12 м); 15 — контрольно-пропускной пункт (6×9 м)

восточным направлением ветров котельная, склады топлива, аммиака, серной кислоты, химикатов, т. е. сооружения, имеющие повышенную пожарную опасность и выделяющие вредные вещества, расположены с подветренной стороны относительно главного и вспомогательного производственных корпусов. Также с подветренной стороны размещены вентиляторные градирни. И наоборот, административно-бытовой корпус, резервуар для воды и т. п. расположены с наветренной стороны относительно других зданий и сооружений.

Основным технико-экономическим показателем генерального плана является плотность застройки, характеризующая коэффициент застройки. В примерной схеме (см. рис. 2) он равен 0,36, в то время как в промышленных узлах составляет не менее 0,45. Большое внимание при разработке генеральных планов уделяется озеленению территории предприятия для защиты зданий от пыли, газов и шума, пожарной безопасности, а также в декоративных целях.

На рис. 3 представлена схема генерального плана *рыбзавода*.

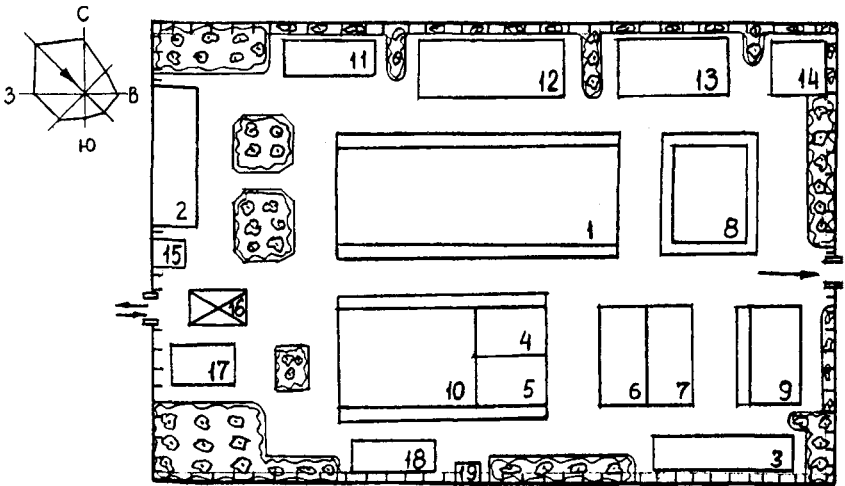


Рис. 3. Схема генерального плана рыбзавода:

1 — консервный цех; 2 — административно-бытовой корпус; 3 — вспомогательный корпус; 4 — склад соли (18×12 м); 5 — материальный склад (18×12 м); 6 — жестяно-баночный цех (24×12 м); 7 — тарный цех (24×12 м); 8 — цех переработки отходов (24×18 м); 9 — склад готовой продукции (24×12 м); 10 — холодильный (36×24 м); 11 — насосная (24×6 м); 12 — ремонтно-механический цех (36×12 м); 13 — канализационная п/ст (28×12 м); 14 — котельная (18×12 м); 15 — КПП (9×6 м); 16 — весовая (14×9 м); 17 — пункт мойки и дезинфекции машин (18×12 м); 18 — компрессорная (18×6 м); 19 — трансформаторная (6×6 м).



## §6. Генеральные планы промышленных районов и узлов

Одним из важнейших направлений интенсификации промышленного строительства является повышение уровня специализации и кооперирования предприятий по основным и вспомогательным производствам, усиление процессов интеграции, что наиболее эффективно можно осуществить в промышленных узлах и территориально производственных комплексах. В промышленные узлы можно включать расширяемые, реконструируемые и технически перевооружаемые предприятия.

Поэтому проектируемые предприятия следует размещать в составе группы родственных предприятий по характеру производства (промышленного района). Несколько промышленных районов образуют промышленный узел.

Строительство группы предприятий в составе промышленных узлов с общими коммуникациями, инженерными сооружениями и вспомогательными производствами, а в последнее время с кооперированием основных производств, единой системой бытового обслуживания работающих и их семей, рациональным решением архитектурно-планировочных и градостроительных задач имеет неоспоримые преимущества и значительный экономический эффект по сравнению со строительством отдельно стоящих предприятий.

Групповое размещение предприятий позволяет наиболее полно решить вопросы охраны окружающей среды, оптимального решения зоны размещения непромышленных предприятий, а также ряд градостроительных задач. Промышленные узлы могут кооперироваться не только по объектам вспомогательного назначения (водоснабжение, канализация, транспорт, теплоснабжение и др.), но и по основному производству (технологическая кооперация). Естественно, что такое кооперирование предпочтительнее, так как при этом ликвидируется полностью или сокращается транспортирование сырья или полуфабрикатов и в конечном итоге снижается себестоимость выпускаемой в промышленном узле продукции.

При размещении на территории промышленного района предприятий с родственными технологическими процессами стремятся к объединению их в одном здании, если это не противоречит пожарным и санитарно-гигиеническим требованиям. Это позволяет сократить раз-

меры заводской территории, уменьшить объемы строительных работ, снизить стоимость строительства, создать благоприятные условия для использования отходов одного производства в технологическом процессе другого.

На рис. 4 представлен пример размещения «под одной крышей» хлебозавода, городского молочного завода, кондитерского цеха и административно-бытовых помещений, образующих пищевой блок. Этот блок различных производств построен в г. Зеленограде.

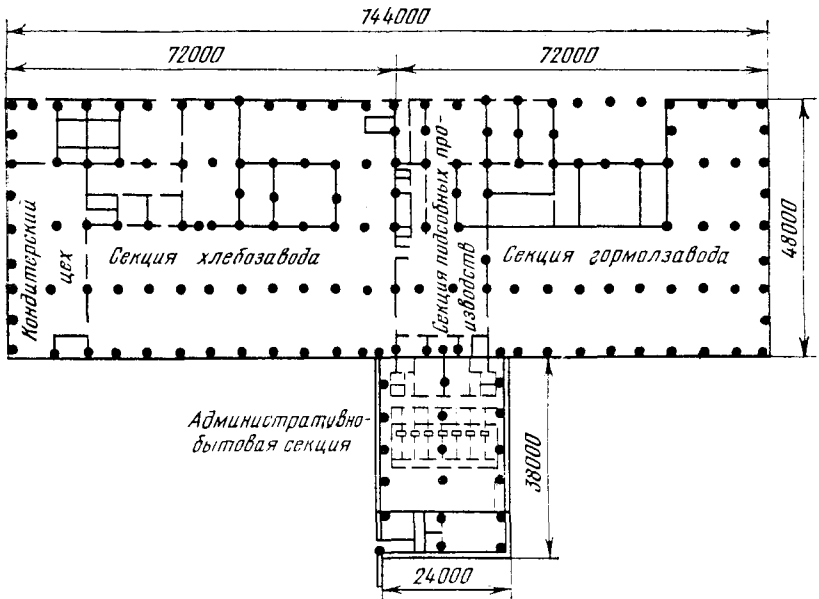


Рис. 4. Пример блокировки различных производств в одном здании

Еще большее число пищевых предприятий объединено в построенном в г. Геленджике комплексе пищевых предприятий. В него вошли молочный завод мощностью 25...30 т в смену переработки молока; холодильник вместимостью 1600 т с цехом заморозки 16 т; овощехранилище вместимостью 3700 т; хлебозавод мощностью 60 т в сутки; пивоваренный завод мощностью 350 дкл в год с цехом безалкогольных напитков мощностью 150 тыс. дкл в год; комбинат полуфабрикатов мощностью 15 т в сутки сырья.

Блокировка шести предприятий в двух корпусах, размещенных на одной площадке, объединение и укрупнение вспомогательных производств, сокращение путей внутризаводского и внешнего транспорта, инженерных коммуникаций, сокращение количества зданий и сооружений позволили более рационально и экономично разместить эти предприятия и получить более высокие технико-экономические показатели по сравнению с размещением предприятий на отдельных участках.

Комплекс предприятий торговли и пищевой промышленности в Нижневартовске сформирован из хлебозавода, молокозавода, пивзавода, винзавода, фабрики полуфабрикатов, холодильника, промтоварной базы и овощехранилища. Все восемь производств размещены в двух одноэтажных зданиях. При привязке соответствующих типовых проектов пришлось бы построить 21 здание.

Мясомолочный комбинат в г. Нижневартовске размещен в четырех зданиях и сформирован из двух производств — мясоперерабатывающего и молочного заводов. В соответствии с типовыми проектами этих предприятий необходимо было бы построить 11 зданий.

Промышленно-коммунальная зона в г. Усть-Илимске сформирована из пяти многоэтажных комплексов, объединяющих 14 предприятий пищевой промышленности, торговли и коммунально-бытового обслуживания. Количество зданий на этом объекте удалось сократить с 43 до 21.

Промышленно-коммунальная зона г. Старый Оскол состоит из комплексов предприятий торговли, пищевой промышленности, автотранспортных предприятий, предприятий коммунального обслуживания и общеузеловых объектов. Вместо 47 зданий по типовым проектам было запроектировано 22.

Расчеты показывают, что в целом создание комплексов предприятий на основе блокирования зданий, расположенных в промышленно-коммунальных зонах, обеспечивает снижение удельных капитальных вложений в строительную часть объектов на 10...12 %, сокращение территории, отводимой для строительства, на 7...19 %, уменьшение эксплуатационных затрат на 15...20 %, снижение потребности в рабочей силе на 2...4 %.

В результате научных исследований и проектно-экспериментальных проработок были выявлены основные принципы разработки планировочных решений промышленных узлов и архитектурно-строительных решений предприятий, которыми предусматриваются: разме-

шение промузлов в системе городской застройки в непосредственной близости от селитебной территории (часть территории города, предназначенная для строительства жилых домов, общественных зданий, размещения садов, парков, бульваров и др.), что улучшает трудовую занятость женского населения, уменьшает затраты времени при поездке на работу и снижает транспортные расходы на перевозку готовой продукции; объединение однородных по характеру производств в комплексы с размещением их в унифицированных зданиях, способствующее сокращению занимаемой ими территории и улучшению архитектурных качеств застройки; кооперирование инженерных сооружений и сетей, подсобных и вспомогательных помещений, объединенных в комплексы предприятий, обеспечивающее снижение стоимости их строительства и эксплуатации; применение преимущественно многоэтажных (двухэтажных) зданий, позволяющих по сравнению с одноэтажными решениями более эффективно использовать земельные участки; формирование застройки в виде единого архитектурного ансамбля, композиционно увязанного с застройкой прилегающих селитебных районов города.

## **§ 7. Проект организации строительства и проект производства работ**

**Проект организации строительства.** Для успешного строительства зданий и сооружений или их комплексов разрабатываются проектные материалы по организации строительства. Проектная документация по организации строительного производства делится на две части: проект организации строительства (ПОС) и проект производства работ (ППР). ПОС и ППР должны составляться на прогрессивных инженерных решениях и основываться на индустриализации строительства, совершенствовании методов и форм его организации. Объем проектной документации и степень ее детализации обусловлены характером строящегося объекта и сложностью условий или методов строительства. В практике строительства различают объекты сложные, средней сложности и несложные. ПОС должен разрабатываться одновременно с разработкой других частей рабочего проекта для увязки проектных решений с вопросами организации строительства и производства работ. В состав ПОС включаются: календарный план

строительства; строительный генеральный план; схемы возведения основных зданий и сооружений; ведомости объемов работ; графики потребности в материалах и конструкциях, в машинах и механизмах, в рабочих кадрах; пояснительная записка с характеристикой строительства; рекомендации по структуре управления строительством; основные технико-экономические показатели. ПОС для несложных объектов может составляться в сокращенном объеме и состоять: из календарного плана строительства с выделением работ подготовительного периода; строительного генерального плана; ведомости объемов работ; графиков потребности в материалах, машинах и механизмах; краткой пояснительной записки. Для случаев реконструкции и расширения предприятия ПОС должен содержать в себе дополнительно: показанные на стройгенплане условными обозначениями объекты реконструкции; существующие подземные и надземные коммуникации; разбираемые и перекладываемые линии; проезды на территории действующих предприятий; указания с помощью условных обозначений на стройгенплане о подключении временных и перестройке существующих коммуникаций, а также о том, в каком порядке очередности будут производиться работы и какие из цехов должны быть оставлены на период строительства; состав работ подготовительного периода и меры по защите действующего оборудования при реконструкции цехов.

Исходными материалами для составления ПОС служат: технико-экономическое обоснование; материалы топографических, геологических и гидрогеологических изысканий; данные о видах и возможностях использования энергоресурсов; принятые в проекте решения об используемых строительных материалах, конструкциях и методах производства работ; сведения о возможностях строительных организаций и возможностях обеспечения строительными кадрами, жилыми и культурно-бытовыми помещениями.

При разработке ПОС должна быть использована типовая проектная документация по организации и производству работ: технологические карты и схемы на отдельные виды работ; карты трудовых процессов; схемы комплексной механизации; эталоны ПОС и др. ПОС согласовывается и утверждается одновременно с утверждением проекта в установленном порядке.

**Проект производства работ.** Такой проект составляется строительной-монтажной организацией или специализированными, предназначенными для оказания технической помощи и внедрения новых дос-

тижений организациями. ППР согласовывается с генеральным подрядчиком или с субподрядчиком, в зависимости от того, кем он разработан. Для особо сложных зданий или сооружений ППР должен составляться проектной организацией с разработкой конструкций, необходимых при возведении здания или сооружения. ППР разрабатывается на каждый этап строительства.

В состав ППР подготовительного периода включаются: календарный план производства работ в виде линейного или сетевого графика; график поступления необходимых строительных конструкций, деталей, полуфабрикатов, основных материалов и оборудования; строительный и генеральный планы площадки строительства с уточненным расположением временных сооружений; рабочие чертежи привязки типовых временных сооружений; краткая пояснительная записка.

В состав ППР для объектов включаются: календарный план производства работ (для несложных объектов) или комплексный сетевой график (для сложных объектов); строительный генеральный план с расположением постоянных и временных транспортных путей, сетей водоснабжения, канализации, энергоснабжения, теплоснабжения, диспетчерской связи; монтажных кранов, механизированных установок, временных зданий, сооружений и устройств, используемых для нужд строительства; график поступления на объект строительных конструкций, деталей, материалов, оборудования; сводный график потребности в рабочей силе и основных строительных машинах; технологические карты на сложные работы; карты трудовых процессов; мероприятия по технике безопасности; краткая пояснительная записка с расчетами материальных ресурсов и обоснованием принятых решений.

В технологических картах приводятся технические решения по подготовке, технологическим схемам и методам выполнения отдельных строительных процессов на объекте.

В картах трудовых процессов даны наиболее прогрессивные методы и приемы труда, применяемые при выполнении отдельных видов работ в бригадах и звеньях.

Исходными материалами для составления ППР являются проектная документация, сведения о поставках оборудования, конструкций и деталей, о наличии парка машин и механизмов, о сроках выполнения работ.

Для выбора оптимального варианта ПОС и ППР необходимо сравнить показатели по вариантам с нормативами.

## §8. Реконструкция предприятий

Для повышения эффективности производства необходимо ускорение процесса обновления основных производственных фондов на научно-технической основе. В зависимости от задач, условий и результатов, достигнутых страной в экономическом развитии, капитальные вложения на разных этапах направлялись в преобладающей массе либо на новое строительство, либо на расширение и реконструкцию действующих предприятий.

В настоящее время намечено обеспечить поступательный рост экономики путем концентрации капитальных вложений на главных направлениях, и прежде всего на реконструкции и техническом перевооружении действующих предприятий. На эти цели направляется значительная доля капитальных вложений и в первоочередном порядке, ибо подавляющая часть основных производственных фондов страны создана в предшествующие годы. Такое решение устранил отрицательные последствия влияния фактора морального их износа.

Техническая необходимость реконструкции вызвана ускоренным моральным старением и физическим износом активной и пассивной частей основных фондов. Срок морального старения оборудования в условиях ускорения темпов научно-технического прогресса составляет 7...8 лет. Нормативный срок эксплуатации зданий обычно 80...100 лет. Таким образом, промышленные здания в период эксплуатации должны претерпевать 10...12-кратное обновление технологического оборудования, которое обычно вызывает изменение в объемно-планировочных решениях цехов.

Являясь одной из форм расширенного воспроизводства основных фондов, техническое перевооружение и реконструкция действующих предприятий, прежде всего, означает обновление и качественное совершенствование существующих средств труда, повышение технической оснащенности действующих предприятий, механизацию и автоматизацию производства. Наибольшего эффекта мероприятия по техническому перевооружению и реконструкции предприятий достигают тогда, когда они осуществляются на базе комплексной механизации и автоматизации производства в совокупности с внедрением принципиально новых технологических процессов, предусматривающих широкое обновление оборудования и его модернизацию.

Техническое перевооружение и реконструкция предприятий как наиболее эффективная форма расширенного воспроизводства основ-

ных фондов обеспечивают более короткие сроки, относительно быстрый рост объема производства, значительное повышение производительности труда, эффективное использование сырья и материалов, улучшение качества продукции. Все это влияет на снижение себестоимости продукции, рост прибыли и рентабельности производства, на повышение фондоотдачи. И, наконец, одно из важнейших преимуществ технического перевооружения и реконструкции действующих предприятий заключается в значительном повышении экономической эффективности капитальных вложений. Прежде всего, это достигается благодаря снижению капитальных удельных вложений на единицу производственной мощности или прироста продукции.

Помимо экономии на капитальных удельных вложениях, техническое перевооружение и реконструкция резко отличаются от нового строительства и по таким основным показателям экономической эффективности, как сроки создания мощностей, период их освоения, сроки окупаемости капитальных вложений. Так, производственные мощности реконструируемых предприятий осваиваются намного быстрее аналогичных, введенных на вновь построенных предприятиях. Практика показывает, что фактические сроки освоения реконструируемых мощностей в 2...3 раза короче установленных по нормативам.

В генеральных планах предприятий и промышленных узлов должна быть предусмотрена возможность расширения и реконструкции предприятия за счет использования свободных (резервных) участков на строительной площадке, повышения этажности; занятия резервных участков за пределами площадки с учетом возможного развития прилегающего населенного пункта. Необходимо создавать такие промышленные предприятия, которые можно эффективно эксплуатировать при периодической замене устаревшего оборудования и внедрении новой технологии. Тогда обновление их сведется преимущественно к техническому перевооружению и будет сопровождаться уменьшением затрат на единицу прироста мощностей.

При составлении технико-экономических обоснований и проектно-сметной документации на строительство необходимо предусматривать три типа обновления основных фондов: расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий.

К расширению действующего предприятия относится осуществляемое по новому проекту строительство вторых и последующих очередей действующего предприятия, дополнительных, а также новых производственных комплексов, либо расширение существующих це-



хов основного производства со строительством новых или расширением действующих вспомогательных и обслуживающих производств и коммуникаций на территории действующего предприятия.

К реконструкции действующего предприятия относится осуществляемое по единому проекту полное или частичное переоборудование и переустройство производства (без строительства новых и расширения действующих цехов основного производства, но со строительством при необходимости новых и расширением действующих объектов вспомогательного и обслуживающего назначения) с заменой устаревшего оборудования, механизацией и автоматизацией производства.

Реконструкция действующего предприятия может осуществляться также с целью изменения профиля предприятия и организации производства новой продукции на существующих производственных площадях. К реконструкции действующего предприятия относится также строительство новых цехов и объектов той же мощности или мощности, соответствующей объему выпуска конечной продукции предприятия, взамен ликвидируемых цехов и объектов того же назначения, дальнейшая эксплуатация которых по техническим и экономическим условиям признана нецелесообразной. К техническому перевооружению действующего предприятия относится осуществление в соответствии с планом его технического развития комплекса мероприятий (без расширения имеющихся производственных площадей) по повышению до современных требований технического уровня отдельных участков производства, агрегатов, установок путем внедрения новой техники и технологии, механизации и автоматизации производственных процессов, модернизации и замены устаревшего оборудования новым, более производительным, улучшению организации и структуры производства и общезаводского хозяйства.

## **§9. Общие сведения о системе автоматизированного проектирования**

Цель автоматизации — повысить качество, снизить материальные затраты, сократить сроки проектирования и уменьшить количество работников, занятых проектированием. Под автоматизацией проектирования обычно понимают систематическое применение ЭВМ в процессе проектирования при научно обоснованном распределении

функций между проектировщиком и ЭВМ и при обоснованном выборе методов машинного решения задач.

Научно обоснованное распределение функций между человеком и ЭВМ подразумевает, что человек должен решать задачи, носящие творческий характер, а ЭВМ — задачи, удовлетворяющие требованиям возможности алгоритмизации и большей эффективности исполнения алгоритма на ЭВМ по сравнению с другим решением.

ЭВМ можно использовать не только как средство проектирования, но и как партнера по выполнению проектной работы. А это меняет многие традиционные представления об организации проектирования. В настоящее время уже ни у кого не вызывает сомнения, что за автоматизацией проектирования большое будущее. Но путь в это будущее лежит через решение многих научных и технических проблем. И не случайно, что автоматизация проектирования стала рассматриваться как новое научное направление. Оно находится на стыке различных научных дисциплин, и в этом его особенность.

Решительное ускорение научно-технического прогресса в проектировании достигается применением систем автоматизированного проектирования (САПР), основными частями которых являются технические средства, общее и специальное программное и математическое обеспечение. К отдельным частям САПР относят информационное обеспечение — банк данных, включающий различного рода справочные каталоги, значения параметров, сведения о типовых решениях и т. п.

В САПР решение задач обеспечивается совокупностью программ общего и специального программного обеспечения, которые разрабатываются специалистами по САПР. Разработанные программы применяются многократно в различных ситуациях, возникающих при проектировании многих объектов. Несмотря на это, знание методов и алгоритмов, реализованных в программах САПР, желательно для пользователя САПР. Эти знания помогут избежать многих ошибок в формулировке задач, назначении исходных данных, интерпретации результатов.

САПР конкретных отраслей имеет свою специфику, однако ряд основополагающих положений САПР имеет достаточно общий характер, например принципы построения общего и специального программного обеспечения, формирование взаимосвязанных типовых задач и программ, организация взаимодействия пользователя и ЭВМ, подходы к получению математических моделей проектируемых объектов и т. д.

В развитии автоматизированного проектирования можно выделить несколько стадий.

Первая стадия характеризуется использованием ЭВМ в архитектурно-строительном проектировании, когда с помощью частных программ рассчитывали отдельные элементы и части зданий. В то время, в начале 50-х годов, использование ЭВМ для решения проектных задач осуществлялось по известной схеме, применяемой и сейчас во многих случаях решения отдельных, не связанных между собой задач исследовательского характера. Эта схема включает математическую формулировку задачи, выбор численных методов решения, разработку алгоритма, запись программы на алгоритмическом языке, кодирование исходных данных, перфорацию, отладку программы, решение задачи, обработку результатов — построение графиков, таблиц, чертежей и т. п.

Большой объем неавтоматических работ, по своему характеру непривычных для проектирования, требовал специальной подготовки, большого терпения и особой аккуратности, и поэтому применение ЭВМ не могло носить массового характера. Попытки применения ЭВМ для проектирования, как правило, предпринимались в отношении задач, уже имевших четко выраженный расчетный характер. При этом в программах реализовывались отработанные в инженерной практике расчетные методики — методики, ориентированные на ручной режим. Подобное использование ЭВМ не вносило ничего принципиально нового в процесс проектирования и не могло дать качественных сдвигов в совершенствовании этого процесса. Такое использование ЭВМ можно рассматривать лишь как низшую ступень развития автоматизированного проектирования.

Вторая стадия характеризуется разработкой математических моделей, методов и алгоритмов, уже в достаточной степени учитывающих возможности ЭВМ и позволяющих повысить точность, универсальность, степень оптимальности полученных результатов. На этой стадии развития автоматизированного проектирования были проведены работы по алгоритмизации многих задач, которые до этого не имели расчетного характера. Например, задачи изготовления чертежей, проведения трасс, компоновки и размещения элементов в блоках и др. Однако используемые при этом технические средства и программы не были объединены в единую проектирующую систему.

На третьей стадии устранение отдельных недостатков основано на системном подходе к решению проблем проектирования с помощью ЭВМ, т. е. на создании и внедрении систем автоматизиро-

ванного проектирования, объединяющих технические средства и математическое обеспечение, параметры и характеристики которых выбирают с максимальным учетом особенностей задач инженерного проектирования. В 1960 г. были разработаны «Основные положения автоматизированной системы проектирования объектов строительства» (АСПОС). В 70-х годах началась аналогичная работа в области сельскохозяйственного строительства и ведущих отраслях народного хозяйства. Для унификации отраслевых систем была разработана «Система автоматизации проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства» (САПР). В соответствии с межотраслевой технологией АСПОС стала называться «Система автоматизированного проектирования объектов строительства» (САПР-ОС). В САПР решаются не только отдельные задачи, но и большинство взаимосвязанных между собой задач, причем в отличие от предыдущего уровня развития теперь не требуется при переходе к новой задаче вручную перекомпоновывать данные — результаты решения одной задачи система автоматически представляет в форме, необходимой для использования в другой задаче.

САПР состоит из нескольких составных частей, называемых техническим, математическим, программным, лингвистическим, информационным, методическим и организационным обеспечениями, параметры и характеристики которых выбирают с учетом особенностей задач инженерного проектирования.

Техническое обеспечение включает в себя технические средства (ЭВМ, периферийное оборудование), с помощью которых решаются задачи проектирования.

Математическое обеспечение представляется математическими моделями, методами и алгоритмами для решения проектных задач.

Программное обеспечение — это совокупность программ для реализации автоматизированного проектирования. Программное обеспечение может быть специальным и общим. Специальное программное обеспечение включает в себя пакеты прикладных программ (ППП), предназначенных для решения конкретных проектных задач. Общее программное обеспечение предназначено для управления вычислительным процессом в САПР и подготовки программ из ППП к исполнению на ЭВМ.

В общее программное обеспечение входят операционные системы ЭВМ, функционирующих в САПР, а также программы, не входящие в

состав операционных систем, но выполняющие сходные функции (управление заданиями, данными, редактирование, трансляция и т. п.) в конкретной САПР.

Лингвистическое обеспечение выражается совокупностью языковых средств, используемых в САПР. В лингвистическое обеспечение входят общеизвестные алгоритмические языки, используемые для данной программы САПР, и входные языки, служащие для описания объектов проектирования и заданий на выполнение проектных процедур. Входные языки представляют для использования САПР наибольший интерес, определяя удобства общения инженера с ЭВМ в процессе проектирования.

Информационное обеспечение — совокупность сведений, необходимых для выполнения проектирования. Основную часть информационного обеспечения составляет база данных — информационные массивы, используемые более чем в одной программе проектирования.

База данных в процессе проектирования должна пополняться, в ней возможны корректировка содержимого, стирание устаревших и ненужных сведений и т. п. Должна быть обеспечена также защита данных от неправильных изменений. Все перечисленные функции по работе с базой данных обеспечиваются системой управления базой данных (СУБД). База данных вместе с СУБД называется банком данных.

Методическое и организационное обеспечение представляет собой совокупность документов, устанавливающих состав и правила функционирования средств САПР и подразделений проектного предприятия.

В виду большой сложности и трудоемкости работ по созданию САПР, структура и процесс ее разработки строго регламентированы многочисленными стандартами.

Возможные эффекты автоматизации проектирования — снижение его стоимости, сокращение сроков и повышение качества. Очевидно, что все это взаимосвязано и влияет друг на друга. Возникает вопрос: каким конкретно должен быть эффект автоматизации проектирования, на улучшение каких показателей должно быть направлено создание САПР. Для того чтобы правильно ответить на этот вопрос необходимо учитывать следующее.

Проектирование — лишь один из этапов цикла технических систем, в который входят также этапы производства и эксплуатации. Во многих случаях затраты на проектирование, как бы значительны они ни были, оказываются лишь небольшой составляющей в общей стои-

мости цикла. Снижение стоимости проектирования в ущерб его качеству может обернуться здесь огромными убытками, а снижение стоимости проектирования при неизменном его качестве — дать экономический эффект, который в сравнении со стоимостью жизненного цикла технической системы будет просто незаметным. Одним из способов повышения качества проектирования является вариантная разработка проектов. Опыт автоматизированного проектирования в строительстве показывает, что за счет проработки не одного, а 5...10 вариантов проекта, удастся улучшить характеристики технических систем на 10...15 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что именно повышение качества проектирования и есть то, на что должна быть нацелена САПР, и путь к этому лежит через вариантную проработку проекта. Для реализации такой проработки без существенного увеличения сроков и стоимости проектирования необходимо повышение производительности труда проектировщиков.

Между тем существующая система нормативных документов по проектированию и строительству объектов сложилась как система для традиционного проектирования. По мере развития работ по автоматизации проектирования, по созданию больших программных систем неизбежно возникает необходимость учета всех нормативных требований. Здесь выясняется, что порой без авторов СНиП или СН невозможно алгоритмизировать те или иные проектные операции. Зачастую нормы оказываются либо не полными, либо взаимонесогласованными.

Автоматизация проектирования, в конечном счете, — это вопрос технологии проектирования. Проектирование сложных объектов без четко регламентированного информационного обмена между технологами, архитекторами, инженерами, без регламентированного процесса согласования проектных решений вряд ли выполнимы. Этот вопрос со своих позиций подняли специалисты по САПР. К сожалению, нормативная документация в строительстве не содержит системы технологических правил проектирования. Для того, чтобы ЭВМ могла решать те или иные задачи, ей нужны математически сформулированные методы, реализованные в форме алгоритмов, а последние — в программах. На заре применения ЭВМ созданием таких методов естественно занимались специалисты, знающие, что такое алгоритм и программа. Если же сегодня мы поставим задачу создания методов для автоматизированного проектирования специалистам по САПР, то

им придется дублировать все строительные профессии. В связи с этим необходимо стремиться к тому, чтобы методы расчета и проектирования всех компонентов строительных объектов создавались с ориентацией на их машинное использование и не только в присутствии авторов метода. Значительную часть созданных в НИИ программ нельзя использовать в проектных организациях, так как они не работают без авторов.

Разработка САПР представляет собой крупную научно-техническую проблему, внедрение САПР требует значительных капиталовложений. В настоящее время уже создан ряд САПР: системы, функционирующие в радиопромышленности, электронной промышленности, машиностроении, строительстве и др.

## **§ 10. Задачи дипломного проектирования**

Наряду с новым строительством реконструкция и расширение предприятий широко применяется в мясомолочной и рыбной промышленности, так как при меньших затратах времени и средств позволяет успешно решать поставленные задачи по значительному увеличению выпуска продуктов питания.<sup>1</sup> Поэтому будущему инженеру мясной, молочной и рыбной промышленности в процессе практической работы придется прямо или косвенно сталкиваться с вопросами строительства и санитарной техники при реконструкции предприятий и приемке в эксплуатацию объектов после реконструкции; при капитальном и текущем ремонте зданий и сооружений; при замене отдельных строительных конструкций в связи с расширением производства, изменением технологических процессов; при приемке строительных конструкций и производственных площадей под монтаж оборудования; при вводе в эксплуатацию законченного строительством объектов; при выборе материалов для отделки производственных помещений.

На предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности строительные конструкции часто разрушаются от тяжелых эксплуатационных условий и нарушения норм их эксплуатации.

Температурно-влажностный режим на большинстве предприятий создает благоприятные условия для развития микроорганизмов в трещинах и неплотностях полов и других строительных конструкциях, в

результате действия которых образуются органические кислоты, агрессивно действующие на материал конструкций.

Для решения задач мясной, молочной и рыбной промышленности МГУПБ готовит инженеров высокой квалификации. В комплексные задания на дипломное проектирование новых и реконструкцию действующих мясокомбинатов и птицекомбинатов, колбасных и консервных заводов, городских молочных заводов, маслодельных и сыродельных заводов, а также рыбзаводов, студентам включаются архитектурно-строительная и сантехническая части. При их разработке студенты должны показать умение применять полученные знания при решении практических инженерных задач: выбрать технически и экономически обоснованные строительные конструкции, объемно-планировочные решения и сантехнические устройства зданий соответствующих предприятий на основе действующих строительных норм и правил (СНиП).

**Архитектурно-строительный раздел дипломного проекта.** Архитектурно-строительный раздел выполняется в объеме сокращенного проекта при одностадийном проектировании и включает:

- ♦ Написание раздела расчетно-пояснительной записки, называемого «Архитектурно-строительный раздел» (объем 10...12 стр.).
- ♦ Графическое оформление схемы генерального плана предприятия (1 лист) и оформление проектируемого главного производственного здания, включающее планы этажей, продольный и поперечный разрезы (2...4 листа).

Расчетно-пояснительная записка должна включать следующие параграфы:

- ♦ Климатическая характеристика района строительства.
- ♦ Главное производственное здание: объемно-планировочное решение здания (компоновка) и конструктивное решение здания с оборудованием (технический проект).
- ♦ Вспомогательные здания и помещения (бытовые, гардеробные, уборные, душевые и т. д.).
- ♦ Теплотехнические расчеты основных элементов здания (стены, колонны, перекрытия, покрытия, фундаменты, стены холодильника).

Графическое оформление включает все листы диплома, кроме автоматике и технико-экономических показателей:

- ♦ схема генплана;
- ♦ чертеж компоновки завода (без оборудования);
- ♦ чертеж (технический проект) цеха с оборудованием;



- ♦ разрезы оборудования (поперечный и продольный).

При выполнении дипломного проекта по реконструкции вышеуказанные чертежи должны отражать объект до и после реконструкции.

**Санитарно-технический раздел дипломного проекта.** Ни одно предприятие, цех, участок не могут быть приняты и введены в эксплуатацию, если на них не созданы здоровые и безопасные условия труда. Это в значительной мере обеспечивается эффективной работой санитарно-технических систем. Поэтому в дипломных проектах должны быть решены вопросы санитарной техники: отопления, вентиляции, холодного и горячего водоснабжения, канализации.

Санитарно-технические системы обеспечивают также нормальные условия для технологических процессов и высокое качество пищевых продуктов. Очистные сооружения систем канализации предотвращают загрязнение почвы и водоемов, а системы вентиляции в состоянии уменьшить технологические выбросы, способствуя тем самым охране воздушного бассейна.

Решение вопросов водоснабжения и канализации, отопления и вентиляции предприятий должно быть предусмотрено при разработке дипломных проектов в объеме, установленном руководителем проекта или консультантом.

Пояснительная записка должна содержать обоснование принятых решений, необходимые расчеты, схемы и графики.

*Отопление и вентиляция.* По удельной тепловой характеристике определить тепловые потери здания (цеха) и расход тепла на отопление и на подогрев приточного воздуха для вентиляции в холодный период года.

Тепловые потери  $Q_{тп}$  и расход тепла для вентиляции  $Q_v$  определить для здания или цеха по согласованию с консультантом. Расчетные температуры наружного воздуха принять по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» в зависимости от месторасположения объекта.

Указать источник теплоснабжения и обосновать выбор системы отопления (водная система или паровая, воздушная, двухтрубная или однострунная, с верхней или нижней разводкой, с естественной или принудительной циркуляцией).

По указанию консультанта произвести расчет системы вентиляции, производительность которой определить ориентировочно по кратности воздухообмена.

Составить схему системы вентиляции, подобрать по номограмме сечения воздухопроводов, подобрать калорифер, фильтр и вентилятор.

В пояснительной записке поместить схему системы вентиляции и указать расположение воздухопроводов и вентиляционного оборудования. Для размещения вентилятора, калорифера, фильтра целесообразно использовать антресоли, чтобы не занимать полезную площадь.

*Водоснабжение и канализация.* Указать источник водоснабжения проектируемого предприятия и отметить основные требования качества воды. Предпочтительнее использовать городской водопровод, а для холодильных установок — артезианские скважины.

Определить требуемое количество воды, используя укрупненные нормы водопотребления. Величины норм водопотребления принять в зависимости от назначения предприятия.

Описать схему системы водоснабжения применительно к местным условиям (водоснабжение от собственных водоисточников, от городского водопровода с повысительной или без повысительной насосной станции). Решить вопрос обеспечения предприятий горячей водой.

Дать характеристику производственных сточных вод и указать, куда будут сбрасываться сточные воды (в городскую канализацию или через очистные сооружения в естественные водоемы). По укрупненным нормам водоотведения определить расход сточных вод.

В пояснительной записке показать расположение основных цехов и вспомогательных сооружений проектируемого предприятия. На плане нанести коммуникации и сооружения наружного водопровода и канализации (трубопроводы, колодцы, артскважины, резервуары, градирни и пр.).

## Глава 2. Строительные материалы

### § 1. Классификация строительных материалов

Строительные материалы по стоимости составляют около 50 % общей стоимости всех работ по возведению зданий и сооружений. Это обязывает специалистов изучать свойства строительных материалов, области рационального их применения, экономическую целесообразность и техническую обоснованность использования каждого вида строительных материалов при возведении различных зданий и сооружений.

Строительные материалы разделяют на природные (естественные) и искусственные. К первой группе относят: лесные (круглый лес, пиломатериалы); каменные плотные и рыхлые горные породы (естественный камень, гравий, песок, глина) и др. Ко второй группе — искусственным материалам — относят: вяжущие вещества (цемент, известь), искусственные камни (кирпич, блоки); бетоны; растворы; тепло- и гидроизоляционные материалы; керамические плитки; материалы на основе полимеров; синтетические краски, лаки и другие материалы, производство которых связано с химической обработкой.

Строительные материалы классифицируют по назначению и области применения, например кровельные — толь, рубероид и др.; стеновые — кирпич, блоки; отделочные — растворы, краски, лаки; облицовочные, гидроизоляционные и др., а также по технологическому признаку их изготовления, например керамические, синтетические и другие.

Особую группу составляют теплоизоляционные строительные материалы — их изготавливают из различного сырья, применяют в различных конструкциях, но объединяются они общим свойством — малой объемной массой и низкой теплопроводностью, что и определяет их широкое применение в строительстве.

На строительные материалы, изготавливаемые предприятиями, существуют Государственные стандарты — ГОСТы и технические условия — ТУ. В стандартах приведены основные сведения о строительном материале, дано его определение, указаны сырье, области применения, классификация, деление на сорта и марки, методы испытания,

условия транспортирования и хранения. ГОСТ имеет силу закона, и соблюдение его является обязательным для всех предприятий, изготавливающих строительные материалы.

Особые требования, предъявляемые к строительным материалам, зависят от условий их работы в конструкциях, от характера технологических процессов, протекающих в производственных и других помещениях. К строительным материалам предъявляют ряд особых требований: гигиенических, эксплуатационных, конструктивных и др. Они не должны выделять токсины, могущие попасть в пищевые продукты и вызвать отравления при их употреблении. Материалы конструкций, подвергающихся воздействию молочной кислоты, крови, рассола, щелочных составов и других агрессивных сред, должны быть химически стойкими или защищенными от разрушения этими средами. При выборе материалов необходимо руководствоваться нормативными документами. Строительные и теплоизоляционные материалы должны быть стойкими против грибков и не являться средой для развития микроорганизмов, не иметь запаха, который может адсорбироваться пищевыми продуктами. Отделочные материалы должны иметь гладкую поверхность, легко поддающуюся санитарной обработке. Материалы несущих конструкций должны обладать необходимой прочностью, наружных ограждающих конструкций — атмосферостойкостью и малой теплопроводностью, а внутренних — звукопоглощением.

Особые требования предъявляют к материалам для полов, подвергающихся значительным механическим и химическим воздействиям: они должны быть водонепроницаемыми, химически стойкими, гладкими, но не скользкими, теплыми, устойчивыми против ударов. Выбрать необходимые материалы, соответствующие заданным требованиям, можно только при знании основных свойств строительных материалов, к которым относятся удельная масса, объемная масса, плотность, пористость, водопоглощение, влажность, водо- и паропроницаемость, морозостойкость, теплопроводность, теплоемкость, огнестойкость, теплостойкость, химическая и биологическая стойкость, упругость, хрупкость, пластичность, твердость и прочность.

При строительстве зданий и сооружений необходимо в первую очередь использовать местные строительные материалы, что сокращает транспортные расходы, составляющие значительную часть стоимости материалов.

## §2. Природные каменные и лесные материалы

Природные *каменные материалы* являются базой для развития промышленности строительных материалов. В строительстве широко используют такие материалы и изделия из различных горных пород, подвергая их механической обработке — дроблению, раскалыванию, распиливанию, теске, шлифованию, полированию.

Гранит, известняк, песчаник и другие плотные каменные материалы идут для облицовки стен и полов, в виде бута (камня неправильной формы) — для кладки фундаментов, в виде щебня — для производства бетонных и железобетонных изделий.

Для приготовления бетонов и растворов применяют сыпучие каменные материалы: песок и гравий.

Из горных пород делают различные керамические изделия (например, кирпич), вяжущие вещества (цемент, известь), теплоизоляционные материалы, стеклянные и другие изделия.

Теплопроводность каменных материалов зависит от их плотности: меньше проводят тепло ячеистые и пористые материалы. Почти все каменные материалы обладают высокой температуростойкостью, а прочность их зависит от плотности породы и ее структуры.

Блоки и плиты из гранитов, известняков и декоративных песчаников применяют для наружной облицовки, входных площадок, а также для устройства полов. Мрамор употребляют для внутренней отделки помещений (облицовки стен, полов). Вулканические туфы можно использовать как для внутренней, так и для наружной облицовки стен.

Большинство природных каменных материалов долговечны, атмосферостойчивы и имеют красивый внешний вид.

**Бутовый камень** — куски неправильной формы, добываемые при взрывных работах или выломкой из слоистых пород; применяется он для устройства фундаментов.

**Щебень** — куски размером до 150 мм, получающиеся при дроблении камня.

**Песок и гравий** — рыхлая смесь зерен горного, речного или морского залегания. Зерна песка имеют размеры 0,15...5 мм, гравия — 5...40 мм, а крупного гравия — до 150 мм.

К изделиям из природного камня относится штучный камень, плиты, ступени, подоконники. Это изделия разной формы с поверхностью, обработанной теской, шлифованием, полированием и т. п.

Из *лесных материалов* наиболее широкое применение в строительстве получили материалы хвойных (сосна, ель, лиственница, пихта) и лиственных пород (дуб, бук, ясень и др.) благодаря высоким физико-механическим свойствам их древесины — сравнительно высокой прочности, упругости при малой объемной массе и теплопроводности, легкости и простоте обработки инструментами.

Но древесина обладает и многими отрицательными свойствами: анизотропностью (неоднородностью строения), высокой гигроскопичностью, загниваемостью, возгораемостью и др.

Перечисленные отрицательные свойства ограничивают область применения древесины, которая в виде бревен, пиломатериалов (рис. 5) и фанеры идет главным образом для изготовления столярных изделий и используется в качестве отделочного материала (шашки для полов, паркет, готовые деревянные оконные переплеты, коробки, подоконники, дверные полотна и др.).

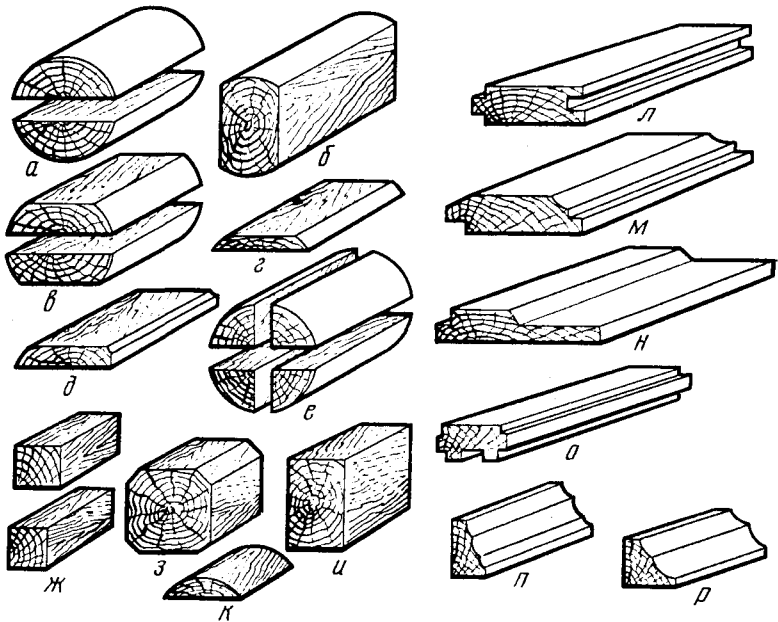


Рис. 5. Пиломатериалы и профильные деревянные изделия:

*а* — пластины; *б* — двухканатный брус; *в* — обрезные пластины; *г* — необрезные доски; *д* — доски с тупым обзолом; *е* — четвертины; *ж* — бруски; *з* — брус с обзолом; *и* — брус обрезной; *к* — горбыль; *л* — доска шпунтованная; *м* — доска-вагонка; *н* — наличник; *о* — поручень; *п* — плинтус; *р* — галтель

### §3. Строительная керамика

Основным сырьем для изготовления строительной керамики — кирпича, керамических блоков, облицовочных плиток, черепицы и других изделий — служит глина.

Глина обладает большой пластичностью, позволяющей придавать изделию различную форму, которая сохраняется после высыхания. В результате обжига получается твердый и прочный искусственный каменный материал, который не размокает в воде.

После обжига керамика получает готовую по фактуре и цвету поверхность, которую можно облагораживать, окрашивая массу или нанося на поверхность цветные покрытия — матовые или стекловидные (глазурованные изделия).

Строительная керамика долговечна. Используя различное сырье и технологию изготовления, можно получить изделия с заданными качествами (например огнеупорную, теплоизоляционную, кислотоупорную и другую керамику).

Строительные керамические материалы применяют для устройства стен, перекрытий, кровель, полов, облицовок, канализации, водосточных труб, покрытий дорог. Используют также теплоизоляционную, огнеупорную, кислотоупорную, электроизоляционную и специальную керамику.

Все керамические материалы можно разбить на две группы: плотные, имеющие водопоглощение до 5 %, и пористые, водопоглощение которых более 5 %.

Наиболее распространенный керамический материал — обыкновенный глиняный кирпич. Размер его 250×120×65 мм, прочность характеризуется марками 150, 100, 75 кг/см<sup>2</sup>.

Кроме обыкновенного кирпича, выпускают многодырчатый, пористый и пустотелый кирпич, а также керамические камни, имеющие увеличенную высоту (103...138 мм).

Пористость кирпича достигается добавлением к сырцовой массе сгорающих при обжиге материалов (сухого торфа, соломенной сечки, опилок). Пустоты в многодырчатом и пустотелом кирпиче образуются в процессе формования.

Поры и пустоты в кирпиче и камнях предназначены для удержания воздуха, усиливающего их теплозащитные качества. На рис. 6 показаны некоторые типы пустотелого кирпича и керамических камней.

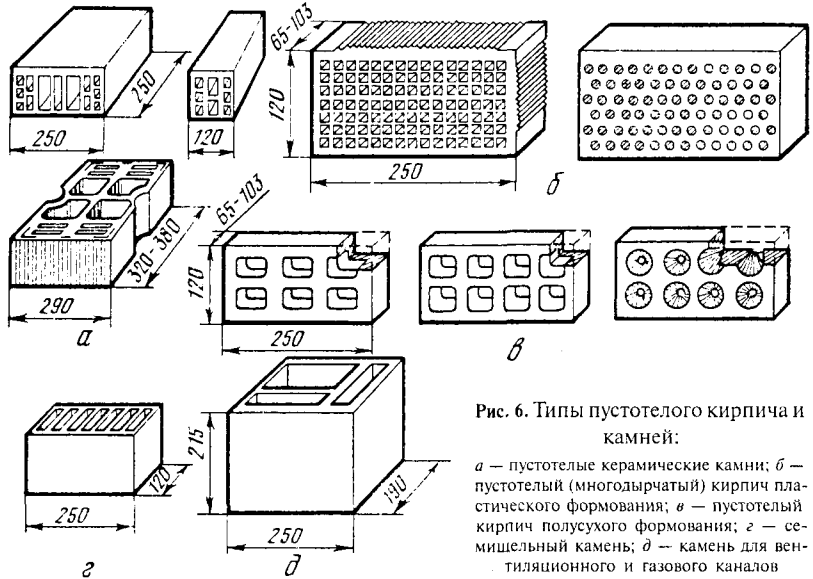


Рис. 6. Типы пустотелого кирпича и камней:

*а* — пустотелые керамические камни; *б* — пустотелый (многодырчатый) кирпич пластического формования; *в* — пустотелый кирпич полусухого формования; *г* — семищельный камень; *д* — камень для вентиляционного и газового каналов

Керамические изделия используют для внутренней и наружной облицовки стен здания. К фасадной керамике относятся лицевой и профильный кирпич и облицовочные плиты различных размеров, применяемые для облицовки фасадов одновременно с кладкой или после окончания ее. Лицевая сторона таких плит может быть гладкой, офактуренной или покрытой глазурью.

Для облицовки внутренних поверхностей стен применяют обожженные керамические плитки и детали, покрытые с лицевой стороны глазурью (рис. 7).

Плитки для полов представляют собой обожженные глиняные плитки с цветными примесями. Их выпускают различной формы: квадратные, прямоугольные, шестигранные и т. д., размерами от 50 до 150 мм и толщиной 10...13 мм.

Распространен в строительстве и кровельный керамический материал — черепица, представляющая собой фасонные плиты разных размеров и различной формы.

Керамическая промышленность выпускает керамзит (легкий материал в виде гравия или щебня, полученный при ускоренном обжиге глины), который применяют в качестве теплоизоляции.



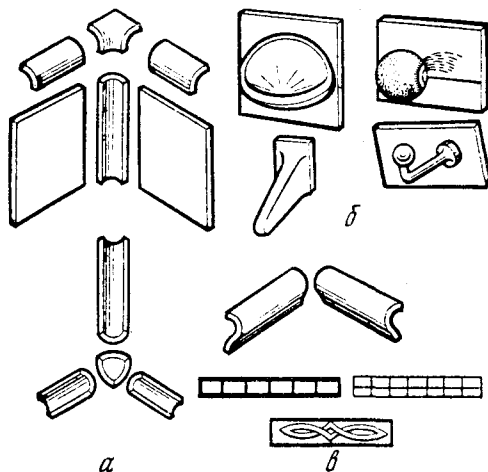


Рис. 7. Стеновые облицовочные плитки и детали:  
*а* — комплект плиток для стен и угла; *б* — встроенные детали;  
*в* — карниз и фризовые плитки

## §4. Вяжущие материалы и строительные растворы

Вяжущими называют материалы, способные переходить из жидкого или тестообразного состояния в камневидное (вследствие происходящих в них физико-химических процессов), связывать природные и искусственные камни и другие твердые материалы. Вяжущие материалы делят на две группы: неорганические, или минеральные, и органические.

**Неорганические материалы.** Их различают двух видов: воздушные материалы, способные затвердевать и сохранять прочность или повышать ее только на воздухе (воздушная известь, гипс строительный или алебастр, магнезиальные материалы, растворимое стекло), гидравлические материалы, способные затвердевать и сохранять прочность или даже повышать ее не только на воздухе, но в еще большей степени в воде (гидравлическая известь и портландцемент).

Воздушную известь получают путем обжига чистых или доломитизированных известняков с содержанием глинистых примесей не более 6% при температуре 1000...1200 °С. Известняк разлагается с получением негашеной извести. При гашении извести с количеством

воды не более 5 % получается гидратная известь (пушонка). При большем количестве воды получается известковое тесто, которое долгое время может сохраняться в водной среде. Известь применяют для приготовления строительных растворов, изготовления силикатного кирпича и других изделий.

Гипс строительный, или алебастр, обычно получают путем обжига при температуре 150...170 °С природного гипсового камня с последующим тонким помолом в порошок. При смешивании с водой он образует быстро затвердевающее тесто, увеличивающееся при этом в объеме до 1 %.

Магнезиальные материалы, к которым относят каустический магнезит и каустический доломит, получают путем обжига при температуре 750...800 °С природного магнезита или доломита и последующего помола в порошок. Такой порошок, затворенный на водном растворе хлористого или серноокислого магния, называется магнезиальным цементом. Он прочно сцепляется с древесиной.

Растворимое, или жидкое, стекло получают сплавлением при высокой температуре кварцевого песка и кальцинированной соды или сульфата натрия с тонким предварительным помолом. В первом случае получают калиевый силикат, во втором — натриевый. После растворения силиката паром под давлением в автоклаве получают жидкое стекло (минеральный клей) — соответственно калиевое или натриевое.

Гидравлическую известь получают при умеренном обжиге (900...1000 °С) известняков, содержащих от 6 до 20 % глинистых примесей (мергелистые известняки), с последующим тонким помолом в порошок. Гашение ее аналогично гашению воздушной извести, но отличается оно тем, что после твердения на воздухе в течение 7...21 дня растворы на ее основе могут затвердевать в воде. Поэтому такие растворы применяют в сырых местах и в помещениях с повышенной влажностью.

Портландцемент является гидравлическим вяжущим, наиболее распространенным в современном строительстве материалом. Его получают путем равномерного обжига до спекания (1450 °С) природных известняковых мергелей или искусственных смесей, состоящих примерно из 3/4 известняков или мела и 1/4 глины. В результате обжига образуется клинкер, его размалывают в тонкий порошок зеленовато-серого цвета, который и является портландцементом. Для регулирования сроков схватывания и твердения

при помоле к клинкеру добавляют до 3 % гипса, а для снижения стоимости без понижения качества цемента можно добавлять до 15 % доменного гранулированного шлака или других активных минеральных добавок.

Для портландцемента установлены марки: 300, 400, 500, 600 кг/см<sup>2</sup>. Его прочность на растяжение в 10...20 раз меньше, чем на сжатие. Для особых условий эксплуатации промышленность выпускает быстротвердеющий, расширяющийся, кислотоупорный, сульфатостойкий, водонепроницаемый и другие цементы.

**Органические материалы.** Основными органическими вяжущими материалами являются дегтевые и битумные материалы. Они представляют собой твердые тела или вязкие жидкости и отличаются гидрофобностью (плохой смачиваемостью водой) и растворимостью в органических растворителях (сероуглероде, бензоле и т. п.). Органические вяжущие материалы широко применяют в строительстве, а также для производства кровельных, гидроизоляционных, антисептических материалов.

*Дегтевые* материалы являются продуктом перегонки каменного угля, дерева, торфа и т. п. Вязкожидкие дегтевые материалы (при +20 °С) называют смолами, а вязкотвердые или полутвердые — пеками. В строительстве чаще применяют каменноугольные дегтевые материалы, и в частности антраценовое (креозотовое) масло, которое используют в качестве антисептика древесины, в составах для пропитки толя, для приготовления приклеивающих материалов и т. д. Из древесных дегтевых материалов практическое значение имеет древесная смола хвойных пород темно-коричневого и темно-бурого цвета.

*Битумные* материалы по виду исходного сырья подразделяют на природные, добываемые из горных пород, содержащих битума до 20 % и более, нефтяные, получаемые из нефти окислением, паровой или вакуумной разгонкой, сланцевые, добываемые из отходов при переработке битуминозных сланцев.

Чаще всего используют нефтяные битумы. Их используют в кровельных и гидроизоляционных работах в качестве склеивающих, обмазочных составов в чистом виде и с разнообразными минеральными пылевидными и волокнистыми наполнителями. Битумную массу применяют в разогретом до температуры плавления или холодном состоянии со специальным растворителем (зеленым маслом и т. п.). Промышленностью выпускаются также битумы нефтяные кровельные — пропиточный и покровный.

Строительные растворы для кладки и штукатурки состоят из вяжущего, мелких заполнителей и воды.

Растворами для кладки фундаментов, стен и столбов связывают отдельные камни, блоки или панели различных размеров и формы, а также замоноличивают сборные конструкции с целью предохранения стен от продувания и проникновения влаги.

Штукатурными растворами покрывают поверхности стен и перегородок, потолки и фасады зданий. Штукатурные растворы бывают обычные, декоративные, теплоизоляционные, гидроизоляционные, звукопоглощающие.

В зависимости от вида вяжущего вещества, применяемого для приготовления, растворы бывают цементные, известковые, гипсовые и др. Если в растворе используют два вяжущих вещества, раствор называется смешанным (цементно-известковый, гипсоизвестковый).

Различают растворы и по объемному весу: обыкновенные — тяжелые с объемной массой  $1500 \text{ кг/м}^3$  и более легкие — с объемной массой менее  $1500 \text{ кг/м}^3$ .

Заполнителем в растворах является песок кварцевый, пемзовый, ракушечный, шлаковый.

Размер зерен песка в растворе не должен превышать для кирпичной кладки  $2,5 \text{ мм}$ , для бутовой кладки  $5 \text{ мм}$ , для штукатурки  $1,2 \dots 2,5 \text{ мм}$ .

Состав раствора определяется объемным или весовым соотношением вяжущего и наполнителя. Например, в цементном растворе состава  $1 : 3$  (цемент : песок) имеется одна весовая или объемная часть цемента и три части песка. В смешанном растворе  $1 : 2 : 9$  (цемент : известь : песок) содержится одна часть цемента, две части извести и девять частей песка.

Важные свойства раствора – удобоукладываемость, а после затвердения — способность приобретать необходимую прочность, хорошо сцепляться с камнем или бетоном.

Удобоукладываемость — способность раствора укладываться на основание тонким и однородным слоем, прочно сцепляющимся со всей поверхностью. Это свойство зависит от пластичности и подвижности свежизготовленного раствора.

Прочность раствора зависит от активности примененного вяжущего вещества и от соотношения вяжущего и воды, расходуемых на приготовление раствора.

## §5. Бетон и железобетон

Бетон — искусственный камневидный материал, получаемый из бетонной смеси, в которую входят цемент, вода, мелкий заполнитель (песок) и крупный заполнитель (щебень или гравий).

Благодаря химическому взаимодействию воды и цемента образуется цементный камень — бетонная масса переходит из пластичного полугустого состояния в твердое. Заполнители придают бетону жесткость, предохраняют его от растрескивания и усадки (уменьшения в объеме).

По объему бетон на 80...90 % состоит из дешевых, обычно местных материалов: песка, гравия, щебня. Изменяя количество и вид вяжущего вещества и заполнителей, можно получать бетон с различными свойствами, необходимыми для данной конструкции.

Бетон как строительный материал находит широкое применение в строительстве благодаря тому, что он имеет высокую прочность, огнестойкость, морозостойкость. Он пригоден для изготовления самых разнообразных строительных конструкций любого объема и формы, несложен в приготовлении, а составляющие его являются местными материалами.

Обладая большой прочностью при сжатии, бетон плохо сопротивляется растяжению и изгибу: прочность бетона при растяжении в 8...15 раз меньше, чем при сжатии. Для устранения этого недостатка бетон армируют, укладывая в него стальную арматуру, хорошо воспринимающую растягивающие усилия.

Применение в строительстве железобетона (сочетание бетона и стальной арматуры) позволяет сократить область применения дорогостоящих и дефицитных конструкций из металла, дерева и других материалов.

По объемной массе различают четыре вида бетона:

- ♦ Особо тяжелый с объемной массой 2500 кг/м<sup>3</sup> и более, применяемый для некоторых специальных сооружений.

- ♦ Тяжелый бетон с объемной массой от 1800 до 2500 кг/м<sup>3</sup>, применяемый для несущих конструкций сооружений (фундаментов, каркасов здания, перекрытий и т. д.).

- ♦ Легкий бетон с объемной массой 500...1800 кг/м<sup>3</sup>. Эти бетоны используют в стенах и перекрытиях зданий.

- ♦ Особо легкий бетон с объемной массой менее 500 кг/м<sup>3</sup>. Такой бетон может быть использован как термоизоляционный материал для ограждающих конструкций.

По прочности бетон делят на марки, характеризуемые пределом прочности на сжатие образца размером  $15 \times 15 \times 15$  см в возрасте 28 дней, выраженным в  $\text{кг}/\text{см}^2$ . Для тяжелого бетона установлены марки 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 и 600. Для железобетона не разрешается применять бетон марки менее 100.

По назначению в строительстве различают бетон обычный, гидротехнический (для плотин, шлюзов и т. п.), повышенной сопротивляемости истиранию (для полов, дорог), специальный (кислотостойкий, жароупорный, расширяющийся и др.). В цементных бетонах основным вяжущим материалом является цемент.

Из мелких заполнителей для тяжелого бетона применяют природные кварцевые пески.

Крупными заполнителями в тяжелых бетонах являются гравий или щебень с крупностью зерен от 5 до 150 мм. Для приготовления сборных конструкций и деталей крупность заполнителя обычно не превышает 40 или 70 мм.

Бетонные смеси при определенном заданном содержании цемента бывают жесткие или пластичные в зависимости от количества воды.

Пластичные смеси подвижны, легко укладываются в форму и растекаются в ней, заполняя все уступы и углубления.

Жесткие смеси усложняют укладку бетона, но делают его более прочным и быстрее твердеющим при одновременном уменьшении расхода цемента.

Пластичность и удобоукладываемость смеси бетона зависит от количества воды в приготовленной смеси: чем больше воды, тем смесь становится более жидкой и пластичной, но тем больше нужно цемента для достижения заданной прочности бетона.

Отношение веса воды в смеси к весу цемента называется водоцементным отношением (в/ц). Чем меньше в/ц, тем жестче смесь. Для жестких бетонов  $\text{в/ц} = 0,3$ , для более пластичных —  $0,45 \dots 0,6$ .

Бетонную смесь готовят механизированным способом в бетономешалках периодического или непрерывного действия. Бетон затвердевает в обычных атмосферных условиях и набирает расчетную прочность через 28 дней. Ускорение твердения бетона достигается при повышенной температуре (около  $90^\circ\text{C}$ ) и влажности.

Ускорение твердения бетона можно достичь также электропрогревом и добавлением к цементу химических ускорителей, например, хлорида кальция.

Как уже было сказано, сочетание бетона со стальной арматурой (железобетон) широко применяется в строительстве.

В качестве арматуры в железобетонных конструкциях применяют обычно круглую сталь диаметром от 4 до 40 мм (гибкая арматура) или стальные прокатные профили от 6 до 90 мм (жесткая арматура).

Для экономии металла и улучшения сцепления бетона с арматурой применяют горячекатаную арматуру периодического профиля или холодносплюсненную.

Железобетон стал основным строительным материалом в строительстве промышленных зданий и сооружений, а также для изготовления несущих конструкций (фундаментов, колонн, балок, плит, перекрытий и покрытий).

По способу армирования железобетона конструкции делят на предварительно напряженные и с обычной арматурой.

Предварительное напряжение осуществляют в конструкциях, работающих на растяжение (в стеновых панелях, балках, фермах, ригелях, настилах перекрытий и т. п.). Оно может производиться механическим растяжением в пределах упругости или нагреванием арматуры электрическим током с последующим заанкериванием в упорах стенда или формы перед заполнением бетонной смесью. После затвердения бетона, растягивающие усилия снимают.

Напряжение арматуры можно производить и в готовой бетонной конструкции. Для этого при изготовлении конструкции в ней делают сквозные каналы в виде трубок и протягивают по ним пучки проволоки или стальные арматурные канаты. Растянув и закрепив их анкерами на концах конструкции, заполняют каналы цементным раствором.

Бетон с предварительно напряженной арматурой менее подвержен образованию трещин в зоне растяжения конструкции, что особенно важно в конструкциях больших пролетов. Кроме того, применение стержней из высокопрочной стали уменьшает массу конструкции до 30 %.

Особой разновидностью железобетона является армоцемент — мелкозернистый цементно-песчаный бетон марки не менее 400, часто и равномерно армированный стальными сетками, сотканными из тонкой проволоки диаметром 0,4...1,2 мм с размером ячеек 5...10 мм.

Кроме цементных бетонов, в строительстве находят применение также гипсобетоны и асфальтобетоны.

Гипсобетон получают смешением гипса, воды, добавок и заполнителей. В качестве добавок используют древесные или другие волокна,

опилки, бумажную массу, уменьшающие хрупкость бетона. Заполнителями служат котельные шлаки, кирпичный щебень и другие пористые материалы.

Прочность гипсобетона зависит от активности вяжущего, от весового соотношения воды и гипса и от прочности заполнителя.

Асфальтобетон состоит из смеси асфальтового раствора и заполнителя — карьерного щебня или гравия, размер которых может достигать 35 мм в зависимости от толщины слоя бетона. Приготавливают асфальтобетон в специальных установках.

Применяют асфальтобетон для устройства покрытий автомобильных дорог, а также полов в производственных помещениях.

## § 6. Кровельные и гидроизоляционные материалы

Для устройства кровель используют различные материалы: кровельную листовую сталь, черепицу, асбестоцементные листы и плиты, рулонные или мягкие кровельные материалы.

Все большее значение в строительстве приобретают рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы. Основой для этих материалов служат бумажно-тряпичный и асбестовый картон, ткани, алюминиевая фольга, которые пропитывают битумами или дегтями.

**Кровельные материалы.** Рулонные материалы, получаемые только одной пропиткой основы органическими вяжущими веществами, называют беспокровными и применяют, как правило, для наклейки нижних и средних слоев рулонной кровли. Когда на пропитанную основу наносят дополнительный слой вяжущего вещества, получают материал с покровным слоем, более устойчивый против атмосферных воздействий, который применяется для верхних слоев кровельного ковра.

В зависимости от материала пропитки различают битумные (пергамин, рубероид) и дегтевые (толь беспокровный и покровный) кровельные материалы.

Пергамин изготовляют пропиткой нефтебитумом картона и применяют в качестве подкладочного материала (нижних слоев) в рубероидной кровле, а также для гидроизоляции.

Рубероид отличается от пергамина наличием покровного слоя из тугоплавкого битума и посыпки — крупнозернистой или чешуйчатой



с одной или с обеих сторон. В зависимости от вида посыпки и картона различают следующие марки рубероида: кровельный с крупнозернистой посыпкой, кровельный с чешуйчатой посыпкой, подкладочный с мелкой минеральной посыпкой.

Толь беспокровный представляет собой кровельный картон, пропитанный каменноугольными или сланцевыми дегтепродуктами, без покровного слоя и минеральной посыпки. ТК (толь-кожа) предназначена в основном для кровель и для пароизоляции, а ТГ (толь гидроизоляционный) — для гидроизоляции конструкций.

Толь покровный — кровельный картон, пропитанный дегтем и покрытый тонким слоем дегтя с минеральной посыпкой.

**Гидроизоляционные материалы** отличаются от кровельных негниющей минеральной основой (асбестовый картон, стеклоткань) или металлической основой в виде фольги. К этой группе материалов относят гидроизол, битумированную стеклоткань и стекловолок, металлоизол, изол, бризол и фольгоизол.

Гидроизол представляет собой асбестовый картон, пропитанный нефтебитумами. Он предназначен для сооружений I...II классов при повышенной гнилостойкости (подземных и других сооружений).

Битумированные стеклоткань и стекловолок применяют в качестве подкладочного материала в кровлях. Пропитка стеклоткани или стекловолокна осуществляется чистым битумом или сплавом битума с резиной.

Металлоизол — материал из алюминиевой фольги толщиной около 0,2 мм, покрытый с обеих сторон слоем нефтебитума. Его применяют для оклеечной гидроизоляции конструкций подземных сооружений I класса.

Изол и бризол весьма близки по составу, способу изготовления, свойствам и области применения. Их изготавливают путем прокатки на каландрах смеси битума, отработанной резины и асбестового волокна. Толщина полотна изола 1,6...2 мм, он водонепроницаем, эластичен, не ломается при отрицательных температурах (до  $-10^{\circ}\text{C}$ ) и предназначен для гидроизоляции плоских крыш, стен, подвалов, фундаментов и др.

Фольгоизол — рулонный двухслойный материал, состоящий из рифленой или гладкой фольги, покрытой с нижней стороны защитным и приклеивающим слоем битумно-резиновой мастики. Толщина фольги и мастичного слоя колеблется в зависимости от требований в пределах: фольги — от 0,1 до 0,3 мм, мастики — от 0,8 до 4 мм. Фоль-

гоизол можно использовать как кровельный материал, а также как совмещенный пароизоляционный и отделочный слой по теплоизоляции трубопроводов, особенно проложенных вне здания.

## § 7. Теплоизоляционные и акустические материалы

**Теплоизоляционные материалы.** Материалы, предназначенные для защиты помещений или отдельных конструкций и установок от потери или притоков тепла, называют теплоизоляционными.

На предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности имеются разнообразные объекты, нуждающиеся в тепловой изоляции. В их составе всегда есть холодильные камеры и холодильники. Для уменьшения в них теплопритоков наружные стены должны иметь теплоизоляционный слой толщиной, зависящей от температурного режима охлаждаемых помещений. Паровые и водогрейные котлы, трубопроводы и различные теплообменные аппараты тоже покрывают теплоизоляционным слоем для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду.

Теплоизоляционные материалы, или изоляторы, классифицируют по их происхождению (органические, неорганические и смешанные) и структуре (засыпные, или рыхлые, мягкие, или гибкие, плитные, или жесткие).

Марку теплоизоляционного материала определяют в сухом состоянии по его объемной массе. Установлены следующие марки теплоизоляционных материалов: 15, 25, 35, 50, 75, 100, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700.

Органические теплоизоляционные материалы получают из растительных и животных волокон. Наиболее часто применяют древесноволокнистые плиты, получаемые из отходов древесины, пробковые плиты — из крошки натуральной пробки.

К неорганическим теплоизоляторам, получаемым в основном из горных пород, стекла и шлаков, относят минераловатные плиты, ячеистые бетоны, пеностекло. Особое место занимают теплоизоляционные материалы на основе полимеров (поропласты, сотопласты). Смешанные теплоизоляционные материалы представляют собой смесь органических и неорганических материалов. Например, цементно-фибrolитовые плиты получают из древесной стружки мягких

пород дерева, смешанной с портландцементом, спрессованной и прошедшей тепловую обработку.

Наибольшее распространение при строительстве предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности получили неорганические теплоизоляторы и материалы на основе полимеров.

Минераловатные плиты, один из наиболее эффективных теплоизоляционных материалов, получают из минеральной ваты при обработке ее водно-битумной эмульсией или синтетическими смолами с последующим формованием, прессованием и прогреванием для сушки и полимеризации. Их применяют для изоляции ограждающих конструкций, трубопроводов и оборудования холодильников, а также для утепления стен, покрытий и промышленного оборудования при температуре до 60 °С (на битумной связке) и до 200 °С (на синтетической связке).

Ячеистые бетоны (пенобетон, газобетон и др.) представляют собой легкие камневидные блоки с равномерно распределенными в них мелкими ячейками, заполненными воздухом или газом. Область применения — утепление ограждающих конструкций и промышленного оборудования при температуре до 400 °С, а также устройство межкамерных перегородок в холодильниках.

Пеностекло получают путем спекания стекольного сырья (стекольного боя) или горных пород вулканического происхождения с газообразователями и выпускают в виде блоков, плит, скорлуп и сегментов пористой структуры. Пеностекло не горит, не гниет и легко обрабатывается, температуростойкость обычного пеностекла 300...400 °С.

Поропласты представляют собой легкие пористые пластины (плиты) с ячейками, наполненными воздухом или каким-либо газом.

Их подразделяют на ячеистые, или пенистые, с замкнутыми, не сообщающимися между собой ячейками, и пористые с системой сообщающихся между собой ячеек (пор). Однако это разграничение условно, так как большинство из них обладают смешанной структурой. К поропластам относят поливинилхлоридные пенопласты, пенополиуретан, пенополистирол беспрессовый.

Поливинилхлоридные пенопласты ПВХ-1 и ПВХ-2 представляют собой легкий жесткий материал с равномерной замкнутопористой структурой. Он имеет высокую прочность, малую теплопроводность, морозостоек, водостоек и относится к трудногораемым материалам. Применяется для охлаждаемых сооружений и устройств специального назначения.

Пенополиуретан — жесткий материал мелкопористой структуры, имеет хорошую прочность, водостойкость, морозостойкость и малую теплопроводность. Его применяют для изготовления плит, а также для тепловой изоляции.

Требуемый слой тепловой изоляции получают напылением материала на изолируемую поверхность с помощью специального аппарата или заполнением пространства между изолируемой стенкой и заранее установленной внешней оболочкой изоляции.

Наиболее широко применяют сейчас пенополистирол беспрессовый ПСВ и ПСВ-С. Пенополистирол ПСВ-С обладает достаточной механической прочностью. Его применяют для тепловой изоляции наружных стен холодильников, перекрытий и покрытий, а также при строительстве предприятий в качестве среднего слоя в трехслойных крупноразмерных панелях. Пенополистирол ПСВ-С имеет в своем составе тетрабромпаракилол, который делает его самозатухающим, т. е. горение или плавление прекращается сразу же после удаления источника огня.

Сотопласты отличаются от поропластов регулярно повторяющимися полостями в виде пчелиных сот. Сотопласты получают методом горячего формования листов бумаги, шпона, ткани и т. п. после предварительной пропитки их терморезактивным полимером. Их применяют в основном в качестве заполнителя трехслойных панелей.

**Акустические материалы.** Они предназначены для изоляции помещений с высоким уровнем шума от других помещений, а также для изоляции самих источников шума внутри помещения. Как правило, акустические материалы, или звукоизоляторы, являются высокопористыми.

В качестве исходного сырья для производства многих звукоизоляционных материалов применяют минеральную вату, пробковую крошку и ультратонкое стекловолокно. Особенно эффективна гранулированная минеральная вата, сформованная в виде гранул. Из нее делают: маты на связке из синтетической смолы с односторонним и двусторонним покрытием из импрегнированной крепкой бумаги, применяющиеся для звукоизоляции перекрытий; плиты минераловатные на связке из синтетических смол с объемной массой до  $150 \text{ кг/м}^3$  для звукоизоляции перекрытий — «плавающих» полов и звукопоглощающих вертикальных конструкций; акустические плиты из минеральной ваты с крахмалом, бетонитом и каолином, ис-

пользуемые в качестве звукоизоляции и декоративной акустической облицовки.

В качестве подкладочного слоя для «плавающих» полов применяют также плиты из пробковой крошки на битумной связке. Хорошим звукопоглощающим материалом является ультратонкое стекловолокно (типа штапельного) на связке из искусственных смол. Слои стекловолокна, закрепленный на конструкции и облицованный перфорированным листовым материалом, поглощает звуковые волны, проникающие в него через перфорацию.

## **§8. Материалы на основе полимеров**

Пластическими массами называют материалы, в состав которых входят смолообразные органические вещества с высоким молекулярным весом, наполнители, пластификаторы, отвердители, стимуляторы и др.

Изделия на основе полимеров отличаются высокой прочностью наряду с малой массой. Главный недостаток пластмасс — их горючесть.

Для строительных конструкций на основе полимеров применяют стеклопластики, органическое стекло, винипласт листовой, сотопласты и др.

Стеклопластики — это пластмассы, состоящие из синтетического полимерного связующего и наполнителя, стеклянного волокна. Основными видами стеклопластиков являются стекловолокнистый анизотропный материал СВАМ и стеклотекстолит. СВАМ — слоистый стеклопластик, полученный горячим прессованием пакета листов стеклошпона. СВАМ характеризуется высокой прочностью и анизотропностью.

Стеклопластики применяют для устройства светопрозрачных ограждений и перегородок, а также в качестве наружных слоев панелей цехов с агрессивной средой и кровельного материала.

Органическое стекло — высокопрозрачный, светостойчивый материал, получаемый на основе органических полимеров (полиакрилов, полистирола, поликарбонатов и др.). Органическое стекло применяют для устройства светопрозрачных ограждений и перегородок, световых фонарей куполов, декоративной отделки зданий и т. д.

Сотопласт — материал, имеющий вид пчелиных сот. Применяют сотопласты в качестве заполнителя при изготовлении дверных полотен, трехслойных панелей, в качестве тепло- и звукоизоляционных изделий.

Жесткие пенопласты — пенопласты, газонаполненные пенистые пластмассы с системой изолированных, не сообщающихся между собой ячеек, разделенных тонкими стенками. Применяют жесткие пенопласты в слоистых конструкциях как тепло- и звукоизоляционный слой.

Строительные материалы для внутренней отделки помещений на основе полимеров можно классифицировать на три группы: рулонные, плиточные и для бесшовных полов. К рулонным материалам для покрытия полов относят различного рода линолеумы. Они изготавливаются на основе полимеров и наполнителей. К ним относятся линолеум полиэфирный (глифталевый), поливинилхлоридный, резиновый (релин).

Плиточные материалы изготавливают на основе полимеров, пластификаторов, наполнителей и пигментов. Применяют при устройстве полов в зданиях различного назначения.

Полимерные материалы для устройства бесшовных полов делят на поливинилацетатные, полимерцементные и пластбетонные.

Материалы для внутренней отделки стен делят на рулонные, листовые и плиточные. Из рулонных полимерных материалов наиболее распространен линкруст, а из плиточных — полистирольные, поливинилхлоридные и фенолитовые облицовочные плитки.

Погонажные изделия на основе полимеров представляют собой длинномерные элементы разнообразных профилей и цвета. К ним относятся плинтусы, поручни, накладки на проступи, наличники, раскладки, нащельники.

К сантехническим изделиям относятся ванны, раковины, мойки, фитинги (муфты, угольники, тройники, крестовины, колпачки, сгоны и др.). Сантехнические изделия на основе полимеров имеют значительные преимущества перед металлическими. Они не корродируют, легки, прочны, не требуют окраски.

Трубы на основе полимеров применяют при монтаже различных трубопроводов. Наиболее часто применяют трубы из стеклопластика, полиэтилена, поливинилхлорида, органического стекла и фенолита.

Синтетические смолы применяют при производстве древесностружечных плит, древеснослоистых пластиков и других видов пластмасс. На основе синтетических смол изготавливают различные клеи и мастики.

## §9. Лакокрасочные материалы

Лакокрасочными называют материалы, наносимые в жидком виде на отделываемую поверхность, которые при высыхании образуют пленку, хорошо сцепляющуюся с окрашиваемой поверхностью. К лакокрасочным материалам относят пигменты, связующие вещества, растворители и красочные составы — масляные, клеевые, эмалевые, известковые, силикатные, синтетические и цементные краски, лаки и политуры.

Известковые или цементные краски, разведенные водой, применяют для окраски наружных и внутренних поверхностей стен помещений с повышенной влажностью.

Силикатными красками, связующим материалом в которых является жидкое стекло, окрашивают фасады зданий.

Масляные краски состоят из пигментов и наполнителей в смеси с олифой из растительных масел, а эмалевые краски представляют собой суспензии минеральных или органических пигментов с синтетическими или масляными лаками.

Лаки — это растворы смол в летучих растворителях. После того как растворитель улетучится, оставшаяся в виде тонкой пленки смола придает поверхности блеск и твердость. Кроме того, применяют краски на битумной и полимерной основе.

Битумной краской (раствор нефтебитума в бензине или керосине) защищают от увлажнения бетонные конструкции, расположенные ниже поверхности земли в слабоагрессивной среде. При действии кислот и агрессивных вод их покрывают битумно-этинолевым лаком (раствор битума в лаке-этиноле).

Из полимерных красок наибольшее распространение получили перхлорвиниловые, которые делят на атмосферостойкие — марки ПХВ и ХВ и химически стойкие — марки ХСЭ, а также фасадные — марки ХВ-161. Универсальностью отличаются эпоксидные лакокрасочные материалы (на основе эпоксидных смол), относящиеся к химически стойким материалам. Они обладают высокой стойкостью к химическим воздействиям и хорошим сцеплением со всеми строительными материалами, а также твердостью, светостойкостью, диэлектрическими свойствами. Для защиты металлов и железобетона в конструкциях, подверженных воздействию химически агрессивных сред, используют лакокрасочные материалы на основе полиуретанов.

# Глава 3. Промышленные здания и сооружения

## § 1. Классификация зданий и сооружений

Сооружениями называют всякие законченные постройки. Здания — наиболее массовый вид наземных сооружений, включающих жилые помещения, помещения для культурно-бытового обслуживания, производственной или иной деятельности. Сооружения, не имеющие таких помещений, называют инженерными сооружениями (мосты, плотины, шахты и т. п.).

В зависимости от назначения здания подразделяют на следующие основные группы: жилые — жилые дома, общежития, гостиницы; общественные — здания государственных и общественных учреждений и организаций, учебных заведений, театров и т. п.; производственные, которые в свою очередь делятся на промышленные — здания цехов, заводов и фабрик, складов и пр., и сельскохозяйственные — здания для содержания животных и птиц, хранения и ремонта сельскохозяйственных машин, инвентаря и пр.

Промышленные здания подразделяют на несколько видов по назначению: основные производственные здания, предназначенные для выполнения основных производственно-технологических процессов, например главный корпус мясокомбината, молочного завода или рыбокомбината; подсобно-производственные здания, предназначенные для размещения не основных (подсобных) производств, например ремонтно-механических мастерских, экспериментальных цехов, лабораторий и др.; здания и сооружения энергетического хозяйства — трансформаторные подстанции, котельные, компрессорные, насосные и др.; складские здания — для хранения сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, инвентаря, топлива, химикатов и др. (на предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности в эту группу входят и здания холодильников); здания транспортного хозяйства — гаражи, помещения для электрокаров и др.; вспомогательные здания, в которых размещают административно-бытовые помещения, медицинские пункты, столовые, заводоуправление. По роду материалов здания разделяют на каменные — из кирпича, естественных и искусственных камней; бетонные и железобетонные (сборные и монолитные); деревянные и смешанные.



По количеству этажей здания делятся на одноэтажные и многоэтажные.

По температурно-влажностному режиму здания подразделяют на отапливаемые, или теплые, — с регулируемым в холодное время года температурно-влажностным режимом; неотапливаемые, или холодные, — с нерегулируемым температурно-влажностным режимом; охлаждаемые — с искусственным охлаждением помещений, например холодильники.

По конструктивным схемам здания делят на бескаркасные и каркасные (с полным и неполным каркасом).

По числу пролетов — на однопролетные и многопролетные.

Капитальность зданий определяется долговечностью и огнестойкостью основных конструкций: фундаментов, колонн, стен, перекрытий, перегородок, лестниц, крыш и др.

Долговечность определяется прочностью и устойчивостью как здания в целом, так и отдельных его элементов в течение намеченного срока службы без потери требуемых эксплуатационных качеств. Ее обеспечивают применением для несущих и ограждающих конструкций таких материалов, которые обладают расчетной прочностью, имеют требуемую морозо-, влаго-, био- и коррозионную стойкость.

По долговечности конструкций здания делят на три степени капитальности: I степень — со сроком службы более 100 лет, II степень — от 50 до 100 лет, III степень — от 20 до 50 лет.

Огнестойкость зданий и сооружений определяется степенью возгораемости их конструкций и строительных материалов, из которых они возведены. По СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы» строительные материалы и конструкции по возгораемости делятся на три группы: первая — негораемые (кирпич, бетон), вторая — трудногораемые (фибrolит, деревянная, оштукатуренная с обеих сторон перегородка) и третья — сгораемые (древесина, рубероид).

По огнестойкости конструкций промышленные здания делят на пять степеней. К I, II и III степеням огнестойкости относят здания с негораемыми конструкциями и пределами огнестойкости несущих конструкций каркаса соответственно 2,5; 2,0 и 2,0 ч, междуэтажных перекрытий — 1,0; 0,75 и 0,75 ч, ограждающих конструкций — 0,5; 0,25 и 0,25 ч. В зданиях IV степени используют трудногораемые несущие конструкции с пределом огнестойкости 0,5 ч. В зданиях V степени огнестойкости применяют сгораемые конструкции, пределы огнестойкости которых не нормируют.

Большинство промышленных зданий, в том числе здания предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности, относятся ко II степени капитальности.

Здания должны удовлетворять следующим основным требованиям: быть удобными для размещения оборудования и ведения технологического процесса, обладать высокими эксплуатационными качествами, обеспечивать наилучшие и безопасные условия труда работающим, создавать возможность замены оборудования при внедрении новой технологии, быть экономичными при строительстве и эксплуатации, иметь простые архитектурные формы и привлекательный внешний вид, обладать прочностью и устойчивостью, отвечать санитарным и противопожарным требованиям.

## **§ 2. Унификация и типизация промышленных зданий и их элементов**

Унификация — единообразие размеров частей и конструктивных элементов зданий и сооружений, подлежащих преимущественному применению в проектировании и строительстве.

Типизация — многократное применение унифицированных объемно-планировочных и конструктивных решений в строительстве разных объектов, достижение их взаимозаменяемости на основе взаимоувязки между проектами зданий, размерами материалов, изделий, конструкций, оборудования, выпускаемых строительной промышленностью. Такая взаимоувязка достигается на основе единой модульной системы (ЕМС), в которой заложен принцип кратности всех размеров объемно-планировочных и конструктивных элементов зданий и сооружений, строительных изделий и оборудования величине, называемой модулем. В нашей стране в качестве основного модуля (М) принят размер 100 мм. Для крупных и мелких размеров пользуются производными модулями — укрупненными и дробными. Укрупненные модули — 2М, 3М, 6М, 12М, 15М, 30М, 60М, 120М (200, 300, 600, 1200, 1500, 3000, 6000 и 12000 мм) — используют для выбора горизонтальных и вертикальных размеров зданий (расстояние между колоннами, высота этажа и др.). Дробные модули — 1/100М, 1/50М, 1/20М, 1/10М, 1/5М и 1/2М (1, 2, 5, 10, 20 и 50 мм) — служат для выбора более мелких размеров (толщина плит, колонн, балок и др.).

На основе единой модульной системы составляют сетку модульных (разбивочных) осей или сетку колонн, которая является графической основой плана здания или сооружения и определяет расположение, а также основные размеры объемно-планировочных и конструктивных элементов в двух взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 8).

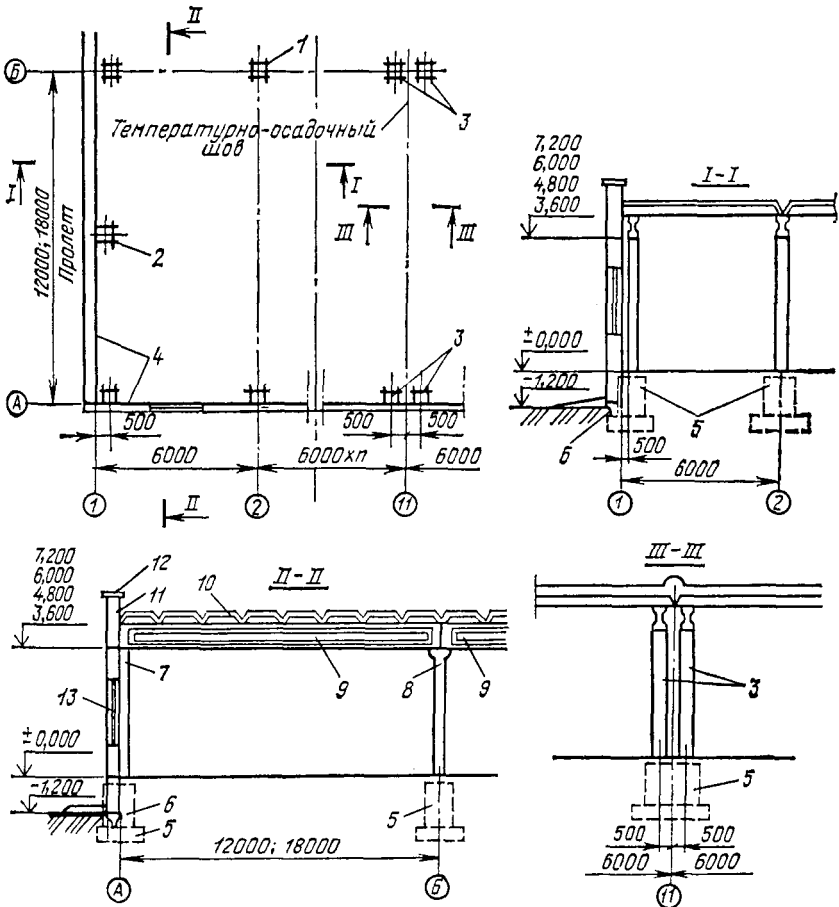


Рис. 8. Конструктивные элементы одноэтажного промышленного здания с полным карнасом:

1 — колонны каркаса; 2 — колонны фахверка; 3 — парные колонны температурно-осадочного шва; 4 — наружные самонесущие стены; 5 — фундаменты стаканного типа под колонны; 6 — фундаментные балки; 7 — пристенные колонны (без консолей); 8 — средние колонны (с консолями); 9 — балки покрытия; 10 — плиты покрытия; 11 — парапет; 12 — парапетная плита; 13 — оконный проем

Продольные оси сетки обозначают заглавными буквами русского алфавита снизу вверх (*А, Б, В* и т. д.), поперечные оси — арабскими цифрами слева направо (*1, 2, 3* и т. д.). Сетка модульных осей образует как бы систему прямоугольных координат с началом в левом нижнем углу.

Расстояние между продольными осями носит название пролет, а между поперечными осями — шаг. Совокупность расстояний между колоннами в продольном и поперечном направлении называют сеткой колонн. Конструктивные элементы здания привязывают к модульным осям. Привязка — расстояние от модульной оси до грани элемента или его геометрической оси.

В здании с полным каркасом внутренние поверхности наружных стен совпадают с продольными и поперечными осями. Наружные грани колонн у продольных наружных стен совпадают с продольными осями. Центры сечения колонн у торцевых стен сдвигаются внутрь здания на 500 мм. Центры сечения средних колонн совмещают с пересечениями модульных осей.

Привязка несущих наружных стен толщиной 380 и 510 мм равна 250 мм (расстояние между модульной осью и внутренней поверхностью стены).

### §3. Основные конструктивные схемы и элементы зданий

Все здания независимо от рода материалов, из которых они выполнены, назначения и класса состоят из определенного числа конструктивных элементов. К основным элементам зданий относят: фундаменты, колонны или столбы, стены, перегородки, перекрытия и подвесные потолки, покрытия, кровли, лестницы и лифты, окна, двери, ворота, фонари. В зданиях отдельных видов устраивают балконы, лоджии, эркеры и др.

Элементы зданий делятся на две основные группы:

- ♦ *несущие*, воспринимающие на себя нагрузки от массы здания, находящихся в нем людей, оборудования и внешние нагрузки от снега, ветра и др. Основными несущими конструктивными элементами являются фундаменты, колонны или столбы, стены и перекрытия зданий;

- ♦ *ограждающие*, которые служат для защиты помещений от атмосферных воздействий, а также для изоляции помещений одного от

другого. Ограждающими элементами зданий являются наружные и внутренние стены, перегородки, перекрытия и полы, покрытия, оконные и дверные заполнения и фонари.

Отдельные элементы зданий (стены, перекрытия) могут выполнять одновременно функции несущих и ограждающих конструкций.

Фундаментами называют подземные конструкции, предназначенные для передачи нагрузок от зданий на основание — грунт. На фундаменты опираются стены и колонны зданий.

Стены разделяют на наружные, отделяющие помещения от внешнего пространства, и внутренние, предназначенные для членения зданий на отдельные помещения, а также для восприятия нагрузок от перекрытий, если стены несущие.

Колонны или столбы представляют собой опоры квадратного, прямоугольного, круглого или многогранного очертания в плане и предназначены для передачи нагрузок от перекрытий, покрытий зданий, а в промышленных зданиях и от подкрановых балок и мостовых кранов на фундаменты.

Горизонтальные конструкции здания, разделяющие его внутреннее пространство на этажи и несущие кроме собственной массы полезную нагрузку (от людей, оборудования и др.), называют перекрытиями. Перекрытие над верхним этажом называют чердачным, а в случае отсутствия чердака оно является покрытием.

В современных промышленных и гражданских зданиях широко применяют подвесные потолки, предназначенные для экранирования конструкции перекрытий и покрытий с целью повышения эксплуатационных качеств зданий, а в ряде случаев и для создания технических этажей, где размещается инженерное и сантехническое оборудование.

Покрытия служат для защиты зданий от атмосферных осадков, от потерь тепла в зимнее время и перегрева солнечными лучами летом. Несущими конструктивными элементами покрытий служат ригели, балки, фермы, своды-оболочки; ограждающими — плиты. Верхняя водонепроницаемая оболочка покрытия называется кровлей.

Для разделения пространства этажа на отдельные помещения устраивают сравнительно тонкие самонесущие внутренние стены, называемые перегородками.

Нижняя горизонтальная ограждающая конструкция одноэтажных зданий, а также верхний конструктивный элемент междуэтажных перекрытий называется полом зданий.

Для сообщения между этажами устраивают лестницы, лифты, пандусы. Лестницы в основном размещают в специальных помещениях огражденных стенами и называемых лестничными клетками. Лифты монтируются в специальных лифтовых шахтах.

Для сообщения между соседними помещениями и наружным пространством предназначены двери: внутренние для сообщения между смежными помещениями, наружные для сообщения между помещениями и наружным пространством. В промышленных зданиях также для этих целей служат ворота.

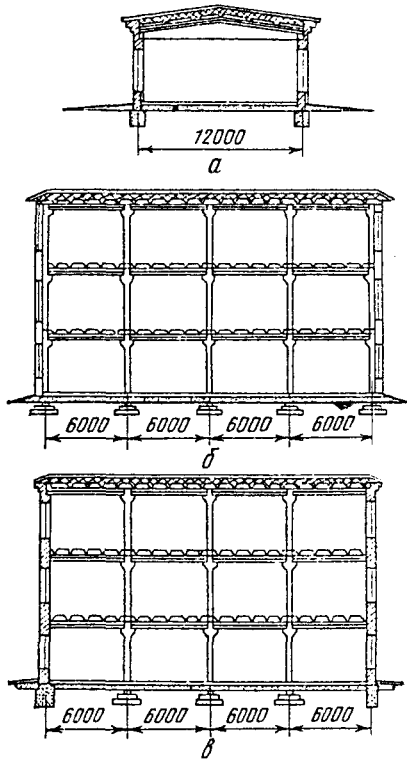


Рис. 9. Конструктивные схемы промышленных зданий:

*а* — бескаркасное одноэтажное здание с несущими стенами; *б* — многоэтажное здание с полым сборным железобетонным каркасом и самонесущими стенами; *в* — многоэтажное здание с неполым каркасом и несущими стенами

Для освещения помещений естественным светом и их проветривания служат окна, а также фонари. Несущие конструкции здания — фундаменты, стены, колонны, перекрытия, соединяясь в пространстве друг с другом, образуют несущий остов здания. По особенностям пространственного расположения несущих элементов остова различают следующие конструктивные типы зданий. *Бескаркасный* (с несущими стенами) представляет собой жесткую и устойчивую коробку из взаимосвязанных стен и перекрытий (рис. 9, *а*). Наружные и внутренние стены здания воспринимают нагрузки от междуэтажных перекрытий и покрытия. *Каркасный* представляет собой пространственную систему (рис. 9, *б*), образованную колоннами, подкрановыми балками, стропильными и подстропильными фермами или же колоннами, ригелями и плитами междуэтажных перекрытий и покрытий, которая воспринимает все нагрузки, действующие на зда-

ние. Для зданий каркасного типа характерно четкое разделение конструкций по особенностям их работы (несущие и ограждающие). *Неполный каркас* (рис. 9, в) — в зданиях такого типа наряду с внутренним каркасом наружные стены воспринимают нагрузки от междуэтажных перекрытий и покрытий.

Каждый конструктивный тип здания имеет несколько конструктивных схем, отличающихся расположением и взаимосвязью несущих элементов.

## §4. Объемно-планировочные решения зданий

Современное индустриальное строительство в основном базируется на применении типовых сборных деталей и конструкций. Типовыми называют детали и конструкции, имеющие для данного момента времени наиболее рациональное решение и предназначенные для широкого применения. Количество типов и размеров сборных деталей и конструкций должно быть возможно меньшим, что существенно облегчает их изготовление, монтаж и уменьшает стоимость строительства.

Уменьшение количества типов и размеров может быть достигнуто на основе унификации архитектурно-планировочных решений зданий, основными параметрами которых являются шаг, пролет, высота этажа.

Под объемно-планировочными решениями здания понимают выбор этажности, формы здания, высоты этажей, сетки колонн, размеров здания по длине и ширине, мест расположения деформационных швов, а также компоновку помещений, т. е. взаимное расположение различных по назначению и температуре помещений в здании.

На выбор этажности промышленного здания в первую очередь влияют особенности технологического процесса. Для производств, требующих громоздкого и тяжелого оборудования или перемещения больших масс материалов, сырья и продукции по горизонтальным технологическим линиям, а также при наличии больших динамических нагрузок предпочтение отдают одноэтажным зданиям. На долю одноэтажных промышленных зданий приходится 80 % всей производственной площади.

Если более рациональной оказывается организация производства по вертикальной технологической схеме при условии, что сырье или продукт могут продвигаться самотеком, строят многоэтажные здания.

Кроме особенностей технологического процесса, на выбор этажности зданий влияют степень огнестойкости его конструкций, степень пожарной опасности или взрывоопасности производства, требования охраны труда по освещенности, конфигурация и размеры строительной площадки, размеры первоначальных капитальных затрат на возведение здания.

Выбор этажности в каждом конкретном случае осуществляется путем сопоставления всех технико-экономических показателей. При разных условиях предпочтение отдают одноэтажным зданиям сплошной застройки, несмотря на то, что многоэтажные промышленные здания позволяют сэкономить городскую территорию и часто оказываются единственно возможным архитектурным решением. Требуя меньшей площади застройки, они позволяют снизить затраты на благоустройство территории, устройство подземных коммуникаций, дорог и др.

Объемно-планировочные решения одноэтажных зданий в зависимости от объема и технологических процессов производства, противопожарных и санитарных требований принимают предельно простыми. Одноэтажные здания могут быть одно-, двух- и многопролетными. Пролеты, как правило, располагают параллельно, без перепадов высот. В случае необходимости допускаются перепады высот между пролетами одного направления не менее 1,8 м. Размеры пролетов для зданий без мостовых кранов принимают равными 12, 18, 24, 30 м и более (через 6 м). Шаг колонн назначают 6 или 12 м. За высоту помещений принимают расстояние от отметки чистого пола до низа несущих конструкций покрытия на опоре. В зданиях без мостовых кранов при пролетах до 12 м принимают высоту 3,6; 4,2; 4,8; 5,4 и 6 м, при пролетах 18 и 24 м — 4,8 (только для 18-метрового пролета); 5,4; 6; 7,2; 8,4; 9,6; 10,8; 12,6 м. Высоты помещений 4,2 и 5,4 м применяют редко.

К настоящему времени проведена большая работа по созданию унифицированных габаритных схем одноэтажных зданий с резким сокращением типоразмеров пролетов, высот и т. д. Эти схемы охватывают здания высотой до 18 м с пролетами 12, 18 и 24 м без кранов или с подвесными кранами грузоподъемностью до 5 т.



При выборе высоты производственных помещений в основном руководствуются правилом, по которому она должна быть на 1...1,5 м выше самого высокого оборудования, монтируемого в этих помещениях. В этих цехах со значительными тепловыделениями в целях улучшения санитарно-гигиенического состояния воздушной среды это превышение составляет 1,5...2,5 м. Ширину одноэтажных зданий принимают равной 36, 48 и 60 м, а для естественного освещения их средней части проектируют зенитные фонари. Длину здания определяют в соответствии с общей площадью здания, принятой шириной его и унифицированными типовыми секциями. Объем производственного помещения на каждого работающего должен составлять не менее 13 м<sup>3</sup>, а площадь помещения — не менее 4,5 м<sup>2</sup>.

Следует отметить, что предприятия мясной и молочной промышленности относятся к той категории производств, в которой традиционной была организация производства по вертикальной технологической схеме. Поэтому при проектировании этих предприятий до последнего времени предпочтительно отдавалось многоэтажным производственным зданиям с безбалочными междуэтажными перекрытиями и плоскими безреберными покрытиями. Они способствуют лучшему вентилированию верхней части помещений, облегчают санитарную обработку ее и вместе с тем являются рациональными строительными конструкциями.

Однако, когда строят предприятия в городах, где нет заводов для изготовления таких конструкций, применяют обычные междуэтажные перекрытия и покрытия ригельной конструкции (рис. 10).

Строительными нормами для многоэтажных зданий оптимальная этажность установлена в зависимости от их общей площади: до 12000 м<sup>2</sup> — 2 этажа; от 12000 до 20000 м<sup>2</sup> — 3...4 этажа; от 20000 до 30000 м<sup>2</sup> — 4...5 этажей. Наиболее целесообразная высота этажа 4,8 и 6 м, для первого этажа допускается 7,2 м. Ширину здания принимают не более 48 м (исходя из удобства проведения строительно-монтажных работ и условий естественного освещения помещений при эксплуатации).

Унифицированные типовые секции многоэтажных зданий для предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности и пример их блокирования в здании представлены на рис. 11.

Многоэтажные здания чаще проектируют прямоугольными для более удобного размещения оборудования и организации технологического процесса, а также упрощения строительно-монтажных работ.

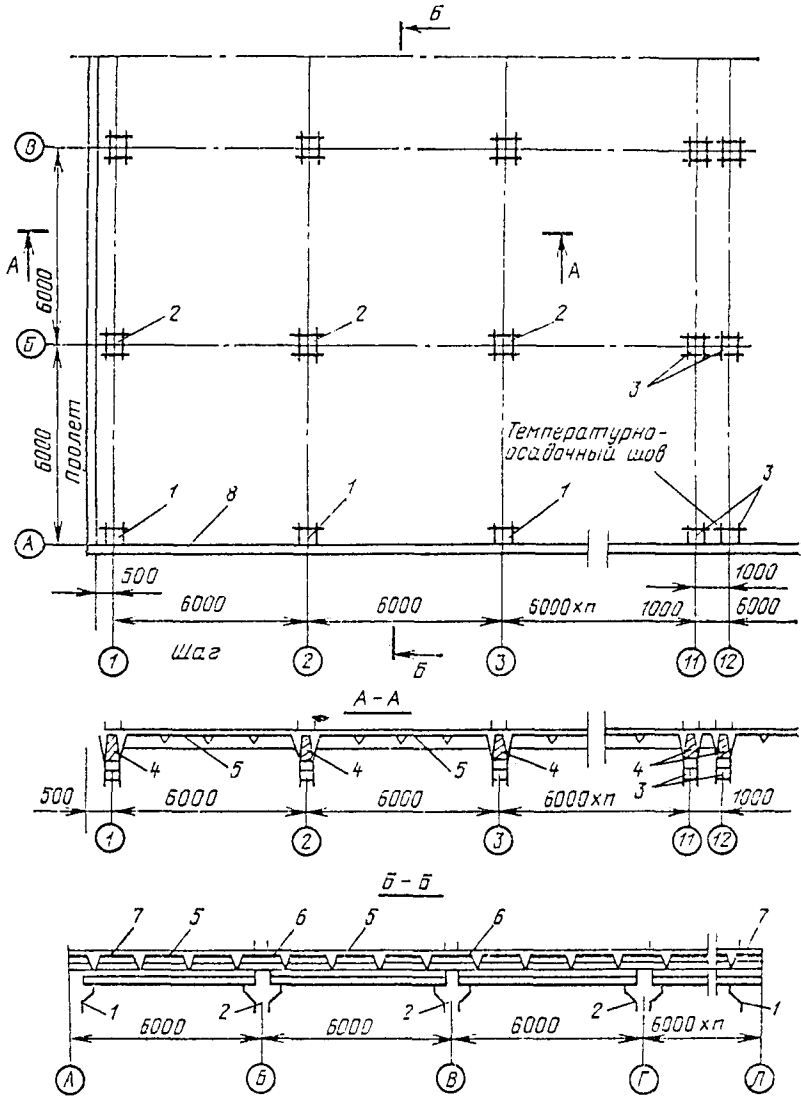


Рис. 10. Конструктивные элементы многоэтажного промышленного здания с полным каркасом:

1 — пристенные (одноконсольные) колонны; 2 — средние (двухконсольные) колонны; 3 — парные колонны температурно-осадочного шва; 4 — ригели междуэтажного перекрытия (с полками); 5 — основные рядовые плиты междуэтажного перекрытия; 6 — основные межколонные плиты междуэтажного перекрытия; 7 — доборные плиты междуэтажного перекрытия; 8 — наружные самонесущие стены

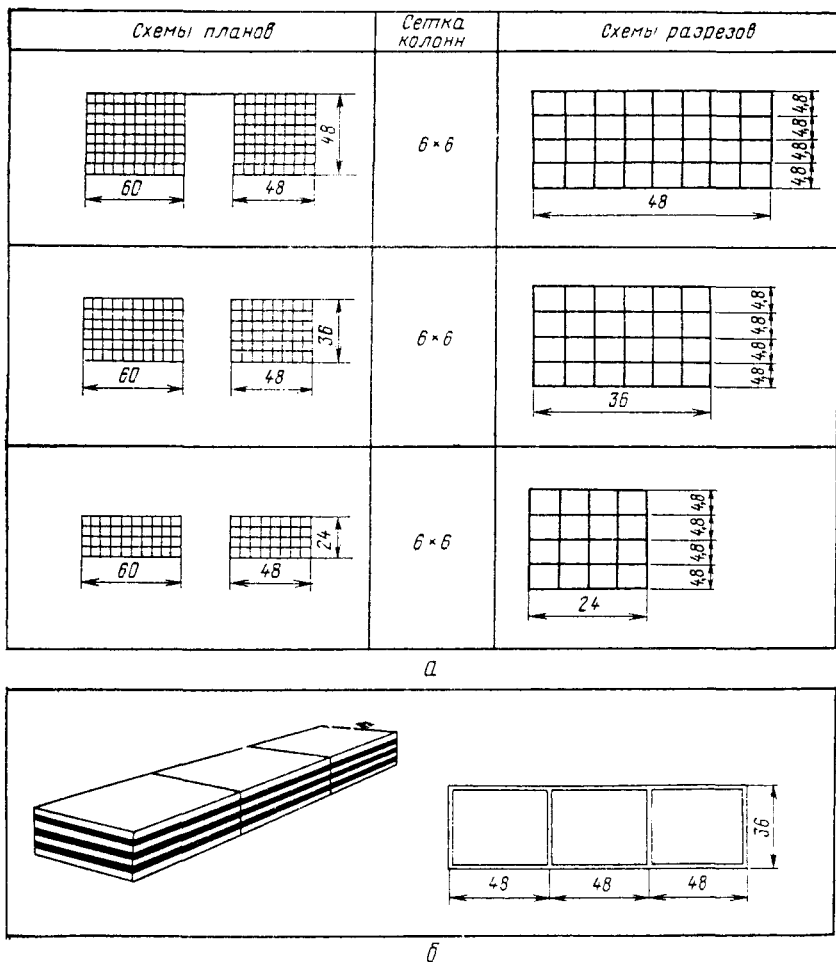


Рис. 11. Унифицированные типовые секции многоэтажных зданий:  
 а — габаритные схемы; б — пример блокирования типовых секций в здании

Здания Т-, П- и Ш-образной формы в плане вызывают необходимость применения продольных и поперечных пролетов с увеличением количества типоразмеров сборных элементов и усложнением строительных работ, увеличения расходов на отопление и других эксплуатационных расходов.

Исходя из объемно-планировочных решений промышленных зданий, помещения, требующие охлаждения и кондиционирования воздуха, располагают вместе, образуя охлаждаемую секцию с изоляцией строительных конструкций. Охлаждаемую секцию необходимо размещать в северной или средней части здания. Кроме того, в специальном корпусе (холодильнике) устраивают все камеры для охлаждения, замораживания и хранения полуфабрикатов и готовых продуктов. При этом низкотемпературные камеры (ниже  $-15^{\circ}\text{C}$ ) располагать на первом этаже в зданиях без подвала не рекомендуется во избежание промерзания и пучения грунта. В случае необходимости такого расположения предусматривают обогрев грунта.

При необходимости сообщения между разнотемпературными секциями устраивают коридоры, шлюзы, воздушные завесы и т. п.

В зданиях большой протяженности или состоящих из разноэтажных частей, а также при разных грунтах в основании смежных частей здания, возникают деформации, могущие привести к появлению трещин, ослабляющих конструкции. Для предотвращения этого в зданиях устраивают деформационные швы, которые разрезают здание на отдельные секции. Различают температурные, осадочные и антисейсмические швы. Например, здание холодильника отделяют от отапливаемых зданий температурными швами. Поперечные температурные швы осуществляют установкой парных колонн без вставок. Ось шва совмещают с поперечной модульной (разбивочной) осью, а оси парных колонн смещают от оси шва на 500 мм. Продольные температурные швы при строительстве предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности, как правило, не устраивают.

## **§5. Вспомогательные здания и помещения**

К вспомогательным относятся здания и помещения бытовых, общественного питания, здравпунктов, культурного обслуживания, управлений, конструкторских бюро, для учебных занятий, кабинетов по технике безопасности, а также специальных помещений для хранения моющих и дезинфицирующих средств, инвентаря и приспособлений для уборки цехов. При проектировании и строительстве вспомогательных зданий руководствуются СНиП 2.09.04–87 «Административные и бытовые здания».

На средних и крупных предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности административные и бытовые помещения располагают, как правило, в отдельном административно-бытовом корпусе, связанном переходами с производственными корпусами (см. рис. 1 и 2, с. 24...25). На мелких предприятиях и при особой блокировке производств (см. рис. 4, с. 28) они могут располагаться в примыкающем к производственному корпусу здании и в самом производственном здании с соблюдением необходимых санитарных требований. Одним из этих требований является то, чтобы рабочие пищевых цехов не проходили через производственные помещения непищевых цехов, и наоборот. Уборные, душевые, кухни и прачечные нельзя размещать над помещениями пищевых цехов и обеденными залами. Прачечную устраивают в блоке подсобных производств.

Недостатками расположения бытовых помещений в отдельно стоящем корпусе являются значительная удаленность от рабочих мест и необходимость устройства перехода. К достоинствам следует отнести хорошую естественную освещенность и проветриваемость помещения, удаленность от производственных шумов и вредных веществ.

Расчет площадей бытовых помещений, за исключением площадей гардеробных, следует производить на 90 % списочного состава работающих на производстве.

На мясокомбинатах бытовые помещения для рабочих, обслуживающих цех первичной переработки скота, субпродуктовый цех, цех для переработки кишок, цех пищевых жиров, пищевого альбумина, пищевого желатина и колбасный цех могут быть объединены и расположены либо в отдельном здании, либо в пристройке к главному производственному корпусу, либо вписаны в него.

В мясо-жировом корпусе мясокомбината необходимо проектировать три отдельных бытовых помещения:

- а) пропускник для рабочих, обслуживающих загрузочное (сырьевое) отделение, цехи кормовых и технических продуктов;
- б) пропускник для рабочих шкуро-консервировочного цеха и цеха обработки волоса и щетины;
- в) гардероб, душевую и умывальную для рабочих, обслуживающих аппаратное отделение цеха кормовых и технических продуктов.

На предприятиях молочной промышленности необходимо проектировать три отдельных бытовых помещения:

- а) для рабочих, обслуживающих производственные цехи;

- б) для рабочих, обслуживающих помещения для созревания сыра;
- в) для рабочих, обслуживающих вспомогательные цехи.

Задачу размещения вспомогательных зданий и помещений решают комплексно для предприятий в целом с учетом возможного кооперирования с соседними предприятиями. Для этого используют унифицированные типовые секции, разработанные специально для вспомогательных зданий. При главных входах в эти здания предусматривают вестибюли площадью не менее  $18 \text{ м}^2$  (без гардеробных). Если количество пользующихся вестибюлем превышает 12 человек, то площадь рассчитывают исходя из условия  $0,2 \text{ м}^2$  на одного человека.

При расчетной температуре наружного воздуха для отопления от минус 20 до минус  $36^\circ\text{C}$  наружные входы вспомогательных зданий должны иметь тамбуры глубиной не менее 1,2 м, а при расчетной температуре ниже минус  $36^\circ\text{C}$  тамбуры должны быть двойными.

В соответствии с противопожарными требованиями (СНиП 2.01.02–85 «Противопожарные нормы») вспомогательные здания должны иметь не менее двух эвакуационных выходов (с учетом наружных пожарных лестниц, предназначенных для эвакуации людей).

Ширина лестничных маршей и площадок должна быть не менее 1,35 м, коридоров — не менее 1,4 м, проходов — не менее 1 м и дверей — не менее 0,8 м. Стены лестничных клеток выполняют обычно кирпичными или панельными. Главные лестничные клетки вспомогательных зданий II степени огнестойкости могут быть открытыми на всю высоту зданий, если остальные лестницы встроены в закрытые лестничные клетки, а вестибюли и поэтажные холлы, примыкающие к открытым лестницам, отделены от других помещений противопожарными стенами (перегородками) и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. В перегородках, отделяющих вестибюли и холлы от коридоров, должны быть двери. Перегородки вспомогательных помещений делают из железобетонных и легкобетонных панелей, стеклоблоков. Стены и перегородки мокрых помещений и тех, в которых требуются очистка и мытье их горячей водой (гардеробных рабочей одежды, помещений для ее обеспыливания, обеззараживания и сушки, уборных и курительных), облицовывают влагостойкими материалами: при высоте этажа 3,6 м — на высоту помещений, при высоте 4,2 м — на высоту 3 м (уборные и курительные — на высоту дверных проемов). Выше облицовки стены, перегородки и потолки окрашивают водостойкими красками, а при расположении помещений в верхних эта-

жах зданий с совмещенными покрытиями потолки окрашивают паронепроницаемыми красками.

На каждом этаже вспомогательного здания предусматривают помещения для хранения, сушки и очистки инвентаря и оборудования, используемого для уборки вспомогательных помещений. Площадь их определяется из расчета  $1,2 \text{ м}^2$  на каждые  $100 \text{ м}^2$  полезной площади этих помещений, но не менее  $4 \text{ м}^2$ . В них предусматривают мойки, а также водоразборные краны с подводкой холодной и горячей воды. При этом полы помещений, подлежащих мокрой уборке, должны иметь уклон не менее  $0,01$ , а гардеробных — не менее  $0,005$ .

Гардеробные, душевые и умывальные объединяют в блоки, которые называют гардеробно-душевыми.

*Гардеробные.* Хранение одежды может производиться открытым способом (на вешалках любого типа и в открытых шкафах), закрытым (в закрытых шкафах) и смешанным способом (на вешалках и в шкафах). Количество отделений в шкафах должно приниматься равным списочному составу работающих. Количество мест на вешалках для отдельного хранения уличной одежды должно приниматься равным количеству работающих в двух наиболее многочисленных смежных сменах.

Гардеробные для рабочей одежды, при любом способе хранения, должны быть расположены в изолированном от гардеробных для уличной и домашней одежды помещении.

При количестве рабочих не более 50 человек, допускается размещение мужских и женских гардеробных для хранения домашней и рабочей одежды в одном помещении, но с обязательным разделением мужских и женских помещений для переодевания.

Необходимо предусмотреть кладовые отдельно для хранения чистой и загрязненной специальной одежды из расчета  $1,5\%$  площади гардеробной для специальной одежды или общей гардеробной, но не менее  $3 \text{ м}^2$  каждая. При списочном количестве пользующихся гардеробной более 50 человек, хранение чистой и загрязненной одежды может предусматриваться в отдельных шкафах.

*Уборные.* Уборные следует размещать так, чтобы расстояние от уборной до наиболее удаленного места рабочего не превышало  $75 \text{ м}$ .

Уборные в многоэтажных производственных зданиях должны быть на каждом этаже для мужчин и женщин.

Размещение уборных через этаж допускается при количестве рабочих мест на двух смежных этажах до 30, причем уборные следует рас-

полагать на этаже с большим количеством рабочих мест. Размещение уборных через два этажа допускается при количестве рабочих мест на трех этажах не более 10. Общую уборную для мужчин и женщин допускается предусматривать при численности работающих в смену не более 15 человек.

*Умывальные.* Умывальные обычно размещаются в помещениях, смежных с гардеробными.

Количество кранов в умывальных определяется по количеству человек, работающих в наиболее многочисленной смене, из расчета 7...10 человек на один кран.

Количество кранов в умывальных для административно-конторского персонала определяется из расчета 40 человек на один кран.

*Душевые.* Душевые должны размещаться в помещениях, смежных с гардеробными.

Количество душевых сеток определяется по количеству человек, работающих в наиболее многочисленной смене:

а) для обслуживания рабочих холодильников на открытой территории — 5 человек на 1 душевую сетку;

б) для обслуживания рабочих основных цехов — 5 человек на 1 душевую сетку;

в) для обслуживания рабочих ремонтно-механических и тарных цехов — 15 человек на 1 душевую сетку.

Размеры (в осях) душевых открытых кабин принимаются 0,9×0,9 м, закрытых кабин — 1,8×0,9 м. Ширина прохода между рядами душевых кабин должна быть не менее 1,5 м.

*Пункты питания.* Пункты питания следует предусматривать при количестве работающих в наиболее многочисленной смене:

а) менее 30 человек — допускаются комнаты приема пищи;

б) менее 200 человек — столовые раздаточные (буфеты) с отпуском горячих блюд, доставляемых из других предприятий общественного питания;

в) 200 и более человек — столовые.

Пункты питания на предприятиях предусматривают:

а) столовые — из расчета 1,3 м<sup>2</sup> на одно место в торговом зале;

б) комната для приема пищи из расчета 1,0 м<sup>2</sup> на одного посетителя.

*Управления, конструкторские бюро.* Здание заводоуправления следует располагать на заводской территории так, чтобы вход в него был с улицы.



Административно-управленческие помещения и конструкторские бюро следует проектировать в виде общих залов. Помещения должны иметь естественное освещение.

Цеховые конторы и конструкторские бюро, располагаемые внутри производственных зданий, должны быть изолированы от производственных помещений.

В состав зданий заводоуправления могут входить следующие помещения: рабочие комнаты, кабинеты дирекции и главных специалистов, библиотека, архив, зал совещаний, помещения общественных организаций, телефонная станция, радиоузел, буфет, вестибюль и санитарные узлы. В состав цеховых контор могут входить следующие помещения: рабочие комнаты, кабинеты начальников цехов, помещения общественных организаций, санитарные узлы.

Площади помещений следует принимать из расчета:

а) для рабочих комнат-контор —  $4 \text{ м}^2$  на одного работающего в наиболее многочисленной смене;

б) для рабочих комнат конструкторских бюро —  $6 \text{ м}^2$  на один чертежный стол;

в) для залов совещаний — на одного участника  $0,9 \text{ м}^2$  на каждое место.

*Здравпункты.* На предприятиях со списочной численностью работающих более 300 человек должны предусматриваться фельдшерские здравпункты, из расчета один здравпункт на 1700 человек.

При списочной численности от 50 до 300 работающих должен быть предусмотрен медицинский пункт. Площадь медицинского пункта следует принимать:  $12 \text{ м}^2$  — при списочной численности от 50 до 150 работающих,  $18 \text{ м}^2$  — от 151 до 300 работающих.

Фельдшерские врачебные здравпункты следует размещать на первом этаже. Ширина дверей в вестибюлях-ожидальнях, перевязочных, кабинетах для приема и комнатах для временного пребывания больных должна быть не менее 1 м.

## §6. Интерьер зданий

Решение интерьера должно быть направлено на создание благоприятной производственной среды, способствующей росту творческих возможностей человека, производительности труда, снижению травматизма.

Интерьер производственных зданий неразрывно связан с общим объемно-планировочным решением здания и условиями организации внутреннего пространства, включая окраску внутренних ограждающих конструкций и наружных поверхностей оборудования, цеховых коммуникаций, систем отопления, вентиляции, электроснабжения, освещения и др. Стены, полы, потолки и оборудование окрашивают преимущественно в светлые тона, так как освещенность помещений зависит от света, отраженного от внутренних поверхностей ограждающих конструкций и наружных поверхностей оборудования.

Значительно улучшает освещенность матовая белая отделка, обеспечивающая равномерное отражение световых лучей. Светлая окраска целесообразна и в гигиенических целях. Ограждающие конструкции помещений производственных зданий, расположенных в северных и центральных районах России, при ориентации светопроемов на север, северо-восток и восток, а также помещений с недостаточным солнечным и дневным освещением и неотапливаемых помещений окрашивают в цвета средней и слабой насыщенности (желтый, оранжевый и их оттенки).

Для отделки ограждающих конструкций помещений в зданиях, расположенных в южных, в центральных районах России, при ориентации светопроемов на юг, а также в горячих цехах и помещениях с шумовыми нагрузками применяют холодные цвета средней и слабой насыщенности (голубой, зеленый, зелено-голубой, серо-голубой и их оттенки).

В комнатах отдыха, приема пищи, холлах, коридорах, лестничных клетках, вестибюлях и других помещениях кратковременного пребывания работающих рекомендуется использовать вспомогательные цвета средней насыщенности.

При большом количестве трубопроводов разного назначения их окрашивают в один цвет — белый или близкий к нему с высоким коэффициентом отражения или в цвет поверхностей ограждающих конструкций; условные обозначения транспортируемых по ним веществ наносят в виде опознавательных поясов не реже чем через 10 м, противопожарные трубопроводы окрашивают полностью в красный цвет. Опасные места в оборудовании и транспортные средства выделяют предупредительными цветами.

Средства информации и агитации в производственных помещениях — плакаты по требованиям безопасности, технологические плакаты, инструкции, указатели, стенды наглядной агитации — должны

иметь следующую окраску: красный и оранжевый цвета — в плакатах по требованиям безопасности, синий цвет в сочетании с белым — на технологических плакатах, инструкциях и указателях, дополнительный к цвету элементов фона — на стендах наглядной агитации.

Крупногабаритное оборудование и многоярусные технологические этажерки и площадки располагают по возможности в удалении от оконных проемов или выносят за пределы здания. Это повышает естественную освещенность и обзораемость внутреннего пространства. В этих же целях трансформаторные подстанции, электротехнические помещения и вентиляционное оборудование располагают у торцевых стен, на кровле и в межферменном пространстве. Внутренние трубопроводы и электрические питающие сети прокладывают централизованно, группируя их в соответствии с общей системой зонированного расположения всех цеховых коммуникаций. Строительные конструкции, служащие для прокладки коммуникаций, должны быть унифицированными и максимально облегченными. В зависимости от характера зданий и местных условий горизонтальные трассы коммуникаций прокладывают вдоль крайних осей в местах глухих участков стен, продольных осей по колоннам и в межферменном пространстве (в одноэтажных зданиях), под перекрытиями (в многоэтажных зданиях). Вертикальные трассы к оборудованию, расположенному в разных ярусах, группируют и пропускают через надколонные плиты или специальные панели с отверстиями, уложенные в перекрытие.

## §7. Основания и фундаменты

Прочность и устойчивость зданий и сооружений в значительной мере зависит от правильного выбора оснований и конструктивного решения фундаментов. Для проектирования оснований и фундаментов необходимо знать геологическое строение и несущую способность слоя грунта, принятого в качестве основания, глубину его промерзания и режим грунтовых вод.

**О с н о в а н и е м** называют толщу грунта или скальных пород, расположенных под фундаментами, воспринимающими нагрузку от здания или сооружения. Если основанием служат грунты в условиях естественного залегания, то их называют естественными основаниями, а

грунты, предварительно уплотненные и укрепленные теми или иными способами, искусственно улучшенными основаниями сооружений. Правильный выбор прочного, надежного и экономичного основания возможен в результате всестороннего изучения геологических и гидрогеологических условий места строительства. С этой целью на строительной площадке проводят инженерно-геологические изыскания и определяют общее геологическое и гидрогеологическое строение района строительства, расположение и мощность пластов грунта, их физические и механические свойства, а также положение уровня грунтовых вод на участках, предназначенных для отдельных зданий и сооружений.

Исследования должны обосновать выбор основания будущего здания или сооружения и определить величину расчетного давления.

В качестве естественных и искусственно улучшенных оснований могут служить различные виды грунтов: пески, супеси, суглинки, глины, лессы, мергель, гравий, щебень, скальные породы.

**Естественные основания.** Все грунты, используемые в качестве естественных оснований, должны иметь необходимую прочность, небольшую и равномерную сжимаемость (деформативность), хорошо сопротивляться действию грунтовых вод, не подвергаться пучению при промерзании, иметь достаточную мощность слоя и обладать неподвижностью.

Грунты оснований под действием нагрузки от здания или сооружения деформируются. Деформацию основания, не сопровождающуюся коренным изменением сложения грунта, называют осадкой, а значительное оседание отдельных пластов грунта с выпиранием грунта из-под подошвы фундамента-просадкой.

Надежным основанием для сооружений являются скальные породы и крупнообломочные грунты, обладающие высокой несущей способностью и малой деформативностью.

Песчаные грунты ввиду малой сжимаемости песка и большой скорости его уплотнения под нагрузкой служат также надежным естественным основанием. При этом чем крупнее зерна и плотнее песчаный грунт, тем меньше осадка под нагрузкой и выше несущая способность.

Глинистые грунты являются связными породами. Они обладают пластичностью, большей пористостью и сжимаемостью, уменьшаются в объеме при высыхании и увеличиваются при увлажнении. Глина сильно поглощает воду и при насыщении становится водонепроницаемой; при замерзании она пучится. Сухая глина обладает большой

прочностью и является хорошим основанием; несущая способность пластической и разжиженной глины резко снижается. Суглинки и супеси, относящиеся к глинистым грунтам, представляют собой смесь глины, песка и пылеватых частиц.

Значительное распространение имеют лессовые грунты, которые относятся к группе пылеватых суглинков. Лессовые грунты, обладающие в природном состоянии видимыми порами (макропорами), размеры которых значительно превосходят размеры частиц, составляющих скелет грунта, называют макропористыми грунтами. Эти грунты, содержащие растворимые в воде известь, гипс и другие соли, при увлажнении теряют связность, быстро намокают и при этом уплотняются, образуя просадки. Такие грунты называют просадочными. При строительстве на таких грунтах предусматривают специальные меры по их укреплению и защите от увлажнения.

**Искусственные основания.** Их устраивают тогда, когда грунт обладает слабой несущей способностью и не может быть использован в качестве естественного основания. Такие основания создают путем уплотнения, закрепления, замены слабого грунта грунтом с большей несущей способностью или путем передачи нагрузки на заглубленные слои грунта при помощи специальных инженерных устройств (сваи, опускные колодцы и др.). Искусственное улучшение свойств слабого грунта достигается путем поверхностного или глубинного уплотнения. Поверхностное уплотнение грунта осуществляют катками (на глубину 15...20 см), пневматическими трамбовками или трамбовочными плитами (на глубину до 1,5...2 м) и другими механическими способами.

Глубинное уплотнение слабых грунтов выполняют при помощи грунтовых или песчаных свай, образуемых путем пробивания скважин и заполнения их песком или грунтовым материалом с уплотнением.

Простейшим видом грунтовых искусственных оснований являются песчаные подушки. Слой слабого грунта под будущим фундаментом удаляют и вместо него насыпают песок (с тщательным уплотнением). Подушки можно устраивать также из материала большой несущей способности: гравия, щебня или смеси грунта с гравием или щебнем.

К более сложным способам искусственного улучшения свойств грунтов относят закрепление их различными вяжущими материалами, нагнетаемыми под давлением через инжекторы: цементным молоком (цементация), раствором жидкого стекла и отвердителя (силикатизация), горячим битумом или холодной битумной мастикой (битумиза-

ция). Вяжущие материалы после отвердения связывают частицы грунта в прочный камневидный монолит.

Цементации подвергают грунты, представляющие собой крупные и среднезернистые пески; силикатизацию грунта применяют при упрочнении пылеватых песков и лессовых грунтов. Битунизация обломочных грунтов способствует их упрочнению и предотвращению фильтрации грунтовых вод. Лесовидные просадочные грунты и пористые суглинки (неводонасыщенные) можно закреплять термическим способом обжигом на глубину до 15 м раскаленными газами через пробуренные в грунте скважины диаметром 15...20 см.

Упрочнение слабых грунтов при создании искусственных оснований способствует увеличению их несущей способности до заданной величины.

Несущая способность основания определяется нагрузкой, при которой осадка (сжимаемость) грунта по величине и равномерности соответствует нормам. Нагрузка (расчетное давление) на основание выражается в МПа. Осадка основания зависит не только от нагрузки и степени сжимаемости, но и от формы и размеров подошвы фундамента.

Фундаментом называют нижнюю подземную (или подводную) конструктивную часть здания или сооружения, которая служит для передачи нагрузки на основание. Верхняя граница фундамента и границы между его отдельными уступами носят название обреза фундамента; поверхность опирания фундамента на основание называется его подошвой; расстояние от планировочной отметки до подошвы фундамента называется его глубиной заложения.

Фундаменты должны удовлетворять требованиям прочности, устойчивости, морозостойкости, хорошо сопротивляться воздействию грунтовых и агрессивных вод, по долговечности отвечать сроку службы здания или сооружения, быть индустриальными и экономичными. По виду материалов фундаменты могут быть бетонные, железобетонные, бутовые.

В зависимости от конструктивной схемы и способа передачи нагрузок на основание фундаменты разделяют на ленточные — в виде ленты, являющейся продолжением несущей стены здания, столбчатые — в виде отдельных столбов или системы столбов и фундаментных балок, сплошные — в виде отдельных свай, связанных между собой с помощью ростверка.

По способу производства работ фундаменты разделяются на монолитные и сборные.

В зависимости от конструктивной схемы здания, характера и величины действующих на фундамент нагрузок, наличия подвала, глубины промерзания грунтов и гидрогеологических условий назначают материал, конструкцию, размер и глубину заложения подошвы фундамента.

Глубина заложения фундамента зависит от глубины залегания слоев грунтов, принятых за естественное основание, она должна быть не менее 0,5 м от планировочной отметки для фундаментов под внутренние стены и для всех фундаментов, расположенных на скальных породах; для фундаментов под наружные стены глубину заложения во влажных мелкозернистых и пучинистых грунтах принимают на 0,2...0,25 м ниже уровня сезонного промерзания грунтов.

При назначении глубины заложения фундаментов проектируемого здания необходимо учитывать следующее: в месте примыкания нового здания к существующему подошвы их фундаментов должны располагаться на одних отметках; подошвы фундаментов должны быть ниже пола подвала на 0,4...0,5 м. Верхний обрез фундаментов располагают на 150 мм ниже уровня пола первого этажа.

*Ленточные фундаменты.* Их создают, как правило, под сплошные несущие стены. Эти фундаменты могут быть непрерывными и прерывистыми. Непрерывные фундаменты проходят в виде сплошной ленты под всеми участками стены. Прерывистые — в виде отдельных опор (через блок-подушку, рис. 12). Ленточные фундаменты передают нагрузку на основание равномерно, что особенно важно при слабых и неоднородных по сжимаемости грунтах.

Ширину подошвы фундамента определяют расчетом в зависимости от величины нагрузки, действующей на фундамент, и расчетного сопротивления грунта.

Сборные ленточные фундаменты выполняют из бетонных и железобетонных блоков заводского изготовления, что дает ряд преимуществ: снижаются трудовые затраты, облегчаются работы в зимнее время.

Монолитные ленточные фундаменты изготовляют на месте строительства здания. Материалом для таких фундаментов может служить бетон, бутобетон, железобетон, бутовая кладка.

*Столбчатые фундаменты.* Их устраивают под несущие стены при небольших нагрузках, когда давление, передаваемое фундаментом на грунт, значительно меньше допустимого, а также при большой глубине залегания грунта, который может служить основанием. На столбчатые фундаменты укладывают железобетонные фундамен-

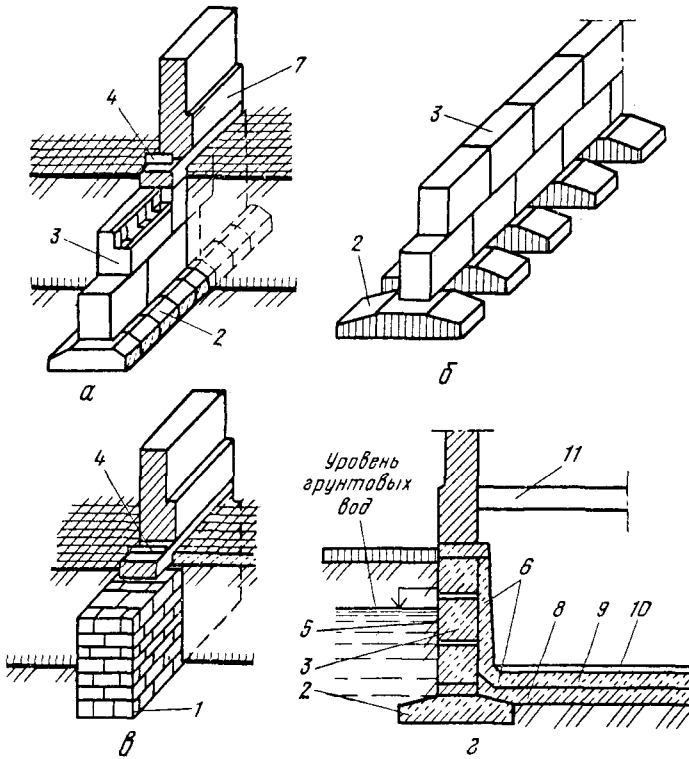


Рис. 12. Ленточные и прерывистые фундаменты:

*a* — ленточный сборный при отсутствии подвала; *б* — прерывистый сборный; *в* — ленточный из бутового камня; *г* — ленточный при наличии подвала и высокого уровня грунтовых вод; 1 — подошва фундамента; 2 — железобетонные блоки-подушки; 3 — железобетонные блоки фундаментов; 4 — гидроизоляция; 5 — обмазочная гидроизоляция; 6 — оклеечная гидроизоляция; 7 — цоколь; 8 — бетонная подготовка; 9 — железобетонная плита; 10 — пол; 11 — перекрытие

ные балки, которые воспринимают нагрузку от стен и связывают их между собой. Столбчатым фундаментам в основном придают ступенчатую форму.

Под колонны каркасных зданий столбчатые фундаменты выполняют монолитными железобетонными или сборными из бетонных и железобетонных элементов в виде башмаков стаканного типа (рис. 13).

Фундаменты капитальных промышленных зданий, в том числе предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности, как правило делают столбчатыми под отдельные колонны основного каркаса.



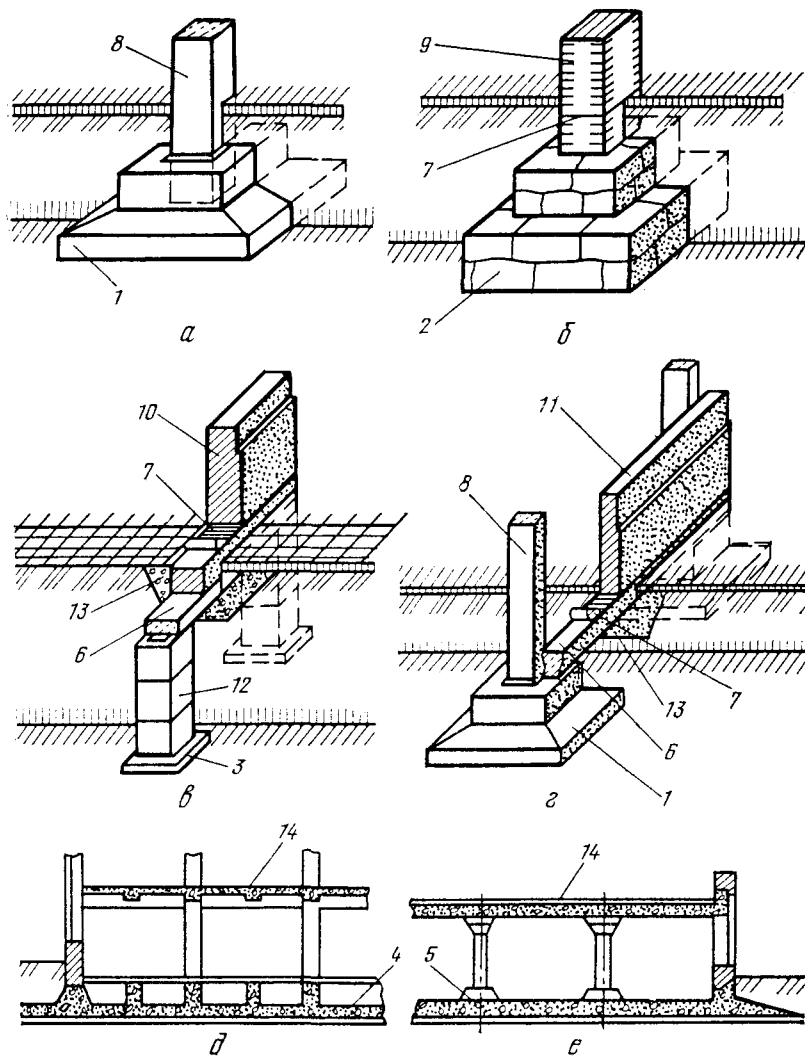


Рис. 13. Столбчатые и сплошные фундаменты:

*a* — сборный железобетонный под колонны; *б* — из бутового камня под столбы; *в* — сборный железобетонный под несущие стены; *г* — сборный железобетонный фундамент стаканного типа; *д* — бутовый фундамент; *е* — безбалочная плита; *1* — сборный железобетонный фундамент стаканного типа; *2* — бутовый фундамент; *3* — железобетонная подушка; *4* — ребристая плита; *5* — безбалочная плита; *6* — фундаментальная балка; *7* — гидроизоляция; *8* — железобетонная колонна; *9* — кирпичный столб; *10* — каменная стена (несущая); *11* — самонесущая каменная стена; *12* — бетонные блоки; *13* — шлаковая засыпка; *14* — перекрытие

Фундамент с удлиненным стаканом (блок-стакан), верх которого выводят на отметку 0,15 м, применяют для обеспечения поточной технологии нулевого цикла работ. Колонну помещают в башмак или блок стаканного типа, который устанавливают на нижнюю плиту. Плиту (как и весь фундамент) можно выполнить на месте, т. е. монолитной, или из заранее изготовленных элементов, т. е. сборной.

*Сплошные фундаменты.* В виде монолитных железобетонных ребристых или безбалочных плит их устраивают под все здание или сооружение в тех случаях, когда на фундамент действует значительная нагрузка, а грунты основания очень слабые с неравномерной просадочностью или когда необходимо защитить подвал от проникания грунтовых вод при высоком их уровне (рис. 13).

*Сваи и свайные фундаменты.* Они в современном строительстве получили широкое распространение, так как их применение позволяет значительно сократить объем земляных работ и расход бетона. Сваи по виду материалов могут быть бетонные, железобетонные и металлические. По геометрической форме поперечного сечения сваи бывают круглые, прямоугольные и многогранные. Железобетонные сваи изготовляют сплошными или полыми (пустотелые сваи и сваи-оболочки).

По способу производства работ различают сваи забивные — готовые сваи, погружаемые в грунт с помощью молотов и вибропогружателей, и набивные (буронабивные), изготавливаемые непосредственно в скважине, предварительно сделанной в грунте.

Свая своим нижним концом может опираться на практически несжимаемые грунты: скальные, крупнообломочные, плотные сухие глинистые и передавать всю нагрузку на грунт основания по площади своего поперечного сечения. Такие сваи называют сваями-стойками. Другой вид свай — висячие не достигает своим нижним концом несжимаемых грунтов и, погружаясь в слабый грунт, уплотняет его; нагрузка от сооружения воспринимается грунтом как по площади поперечного сечения сваи, так и по всей площади ее боковой поверхности за счет возникающих сил трения. Группу свай (куст свай), образующих свайный фундамент, поверху связывают жесткой конструкцией — ростверком в виде балки или плиты, обеспечивающей равномерную передачу нагрузки от сооружения на все сваи куста и препятствующей горизонтальному смещению верхней части свай. Ростверки в большинстве случаев выполняют из железобетона. Куст свай, объединенных единым ростверком, называется свайным фундаментом.

## §8. Каркасы зданий

В современном строительстве промышленных зданий широко применяют каркасную конструктивную схему с полным несущим каркасом и самонесущими или навесными стенами и с неполным каркасом и несущими стенами. Различают каркасы одноэтажных и многоэтажных зданий.

**Каркас одноэтажных зданий.** Состоит из фундамента, колонн, стропильных конструкций, плит покрытий, служащих одновременно связями в продольном направлении, фундаментных балок, на которые опираются самонесущие стены. Все эти элементы типизированы и унифицированы.

Колонны представляют собой отдельные опоры, предназначенные для поддержки вышерасположенных элементов здания. Они являются только несущими конструкциями.

Конструкция колонн в одноэтажных промышленных зданиях (рис. 14) зависит в первую очередь от наличия и вида подъемно-транспортного оборудования.

В зданиях без мостовых кранов при наличии только подвешенного транспорта (монорельсов или кран-балок грузоподъемностью 2, 3 и 5 т) используют колонны прямоугольного сечения. При шаге колонн 6 м, высоте помещения до 7,2 м и пролетах здания до 24 м сечение крайних и средних колонн составляет 40×40 см. При шаге колонн 12 м, высоте помещения до 10,8 м и пролетах здания до 24 м — для крайних колонн 50×50 см, для средних 50×60 см.

Средние колонны — сечением 40×40 см имеют в верхней части со стороны двух противоположных боковых граней консоли для опоры стропильных конструкций. Для этих колонн заглубление ниже отметки чистого пола принято равным 900 мм.

При высоте помещения более 9,6 м можно использовать колонны, предназначенные для зданий с мостовыми кранами, в частности двухветвенные.

Центральным институтом типового проектирования для типовых проектов городских молочных заводов мощностью 160 и 230 т в смену рекомендована к применению новая серия колонн типа 1.423-3. Колонны имеют сечения 30×30, 30×40 и 40×40 см в зависимости от сетки и высоты зданий. Например, при сетке колонн 6×12 м и высоте помещений 4,8...6 м используют колонны сечением 30×30 см.

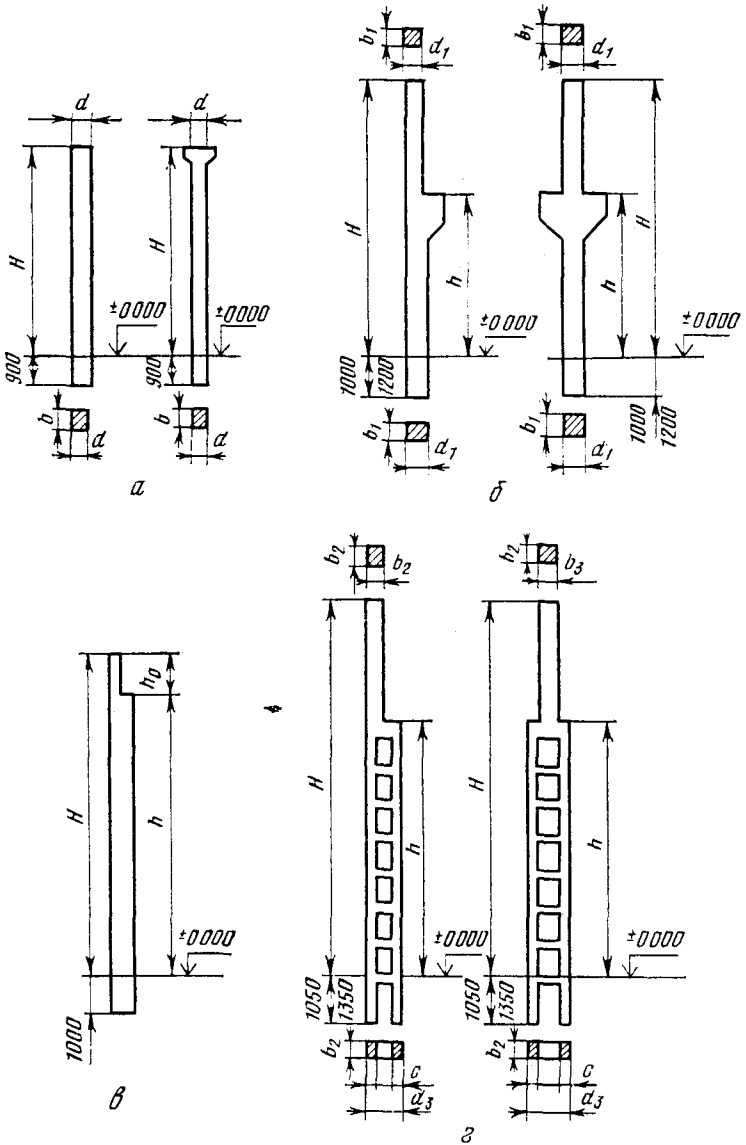


Рис. 14. Типы колонн для одноэтажных зданий:

*a* — для бескрановых пролетов (крайняя, средняя); *б* — для крановых пролетов одноветвенные (крайняя, средняя); *в* — для торцевых стен; *г* — для крановых пролетов двухветвенные ступенчатые (крайняя, средняя)

Колонны с другими элементами каркаса соединяют болтами или с помощью сварки стальных закладных деталей.

Стропильные конструкции представляют собой балки или фермы покрытия, предназначенные для перекрытия пролетов. Пролеты до 30 м, как правило, перекрывают сборными железобетонными конструкциями. При пролетах более 24 м с шагом колонн до 12 м, скатных крышах и железобетонных опорах, при пролетах более 18 м, плоских крышах и шаге колонн более 12 м, кроме сборных железобетонных конструкций можно применять стальные конструкции. Железобетонные стропильные конструкции для зданий с пролетами до 18 м с односкатными, двухскатными и плоскими крышами представляют собой балки (рис. 15).

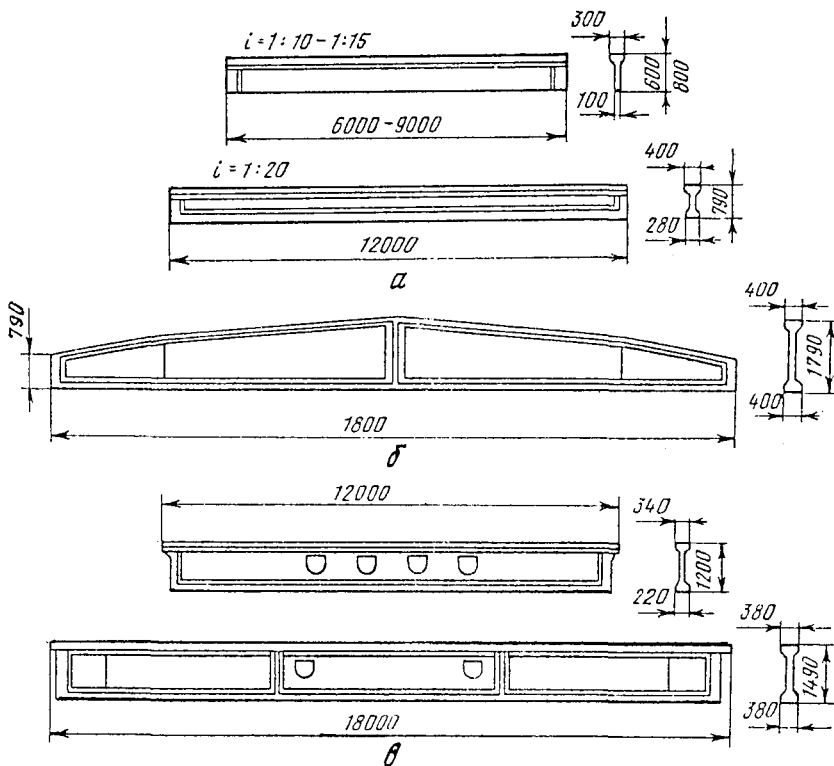


Рис. 15. Железобетонные балки:

а — односкатные; б — двухскатные; в — с параллельными поясами

Плиты покрытий укладывают непосредственно на верхний пояс ферм или балок и приваривают к ним. После замоноличивания стыков между плитами они служат продольными элементами каркаса, обеспечивающими жесткость здания (рис. 16, 17). Вы-

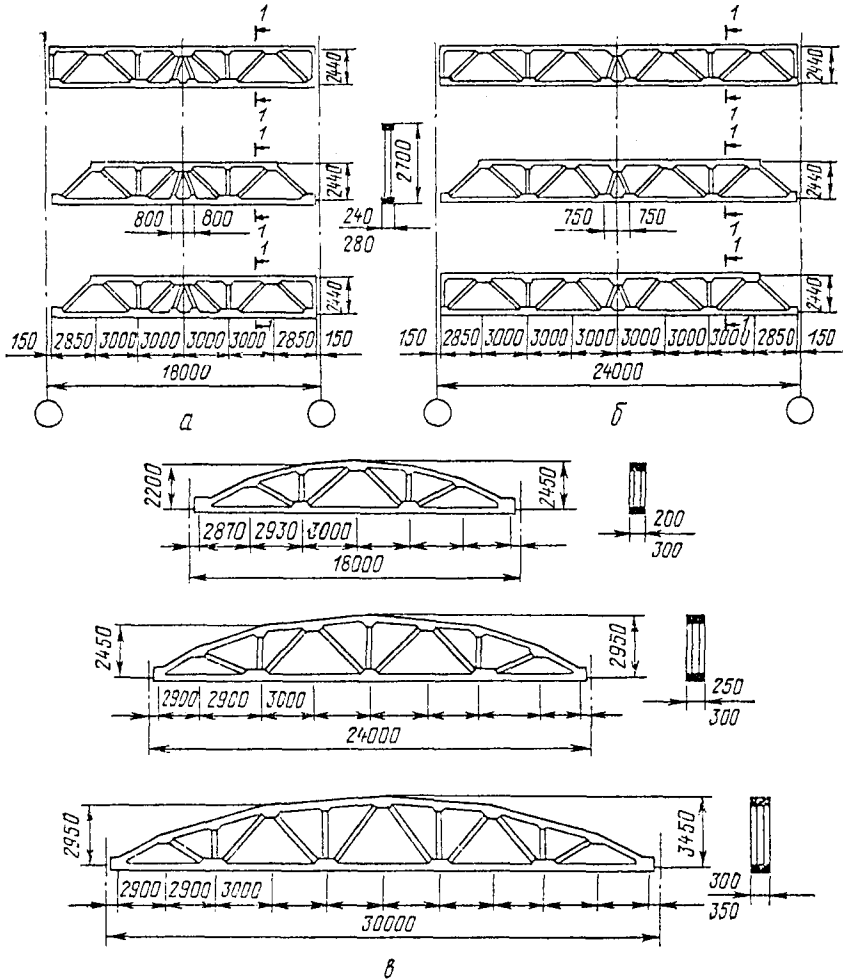


Рис. 16. Железобетонные фермы:

а — фермы с параллельными поясами для пролетов 18 м; б — поясами для пролетов 24 м; в — сегментные железобетонные фермы

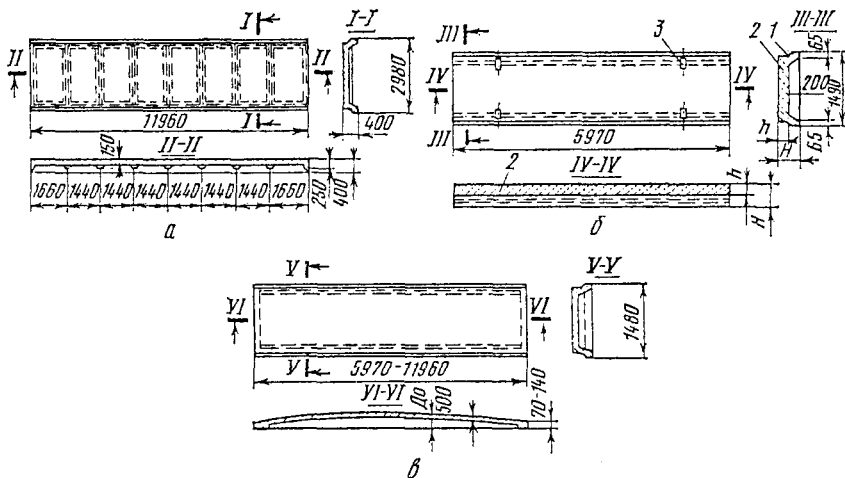


Рис. 17. Сборные железобетонные плиты для перекрытий:

*а* — крупнопанельная железобетонная; *б* — крупнопанельная утепленная; *в* — крупнопанельная сводчатая; 1 — железобетон; 2 — армированный утеплитель; 3 — петля для подъема

пускают следующие крупноразмерные плиты покрытий: сборные железобетонные  $3 \times 6$  и  $1,5 \times 6$  м высотой 30 см,  $1,5 \times 12$  и  $3 \times 12$  м высотой 45 см; утепленные (керамзитобетонные плиты, предварительно напряженные, и из автоклавного ячеистого армированного бетона)  $1,5 \times 6$  и  $3 \times 6$  м. Высоту плит определяют расчетным путем. Она складывается из высоты ребер (200 мм) и толщины слоя утеплителя.

Плиты из керамзитобетона и автоклавного ячеистого бетона применяют только при нормальном температурно-влажностном режиме помещений.

**Каркас многоэтажных зданий.** Каркас многоэтажного здания включает в себя фундаменты, колонны, несущие конструкции междуэтажных перекрытий и покрытия. Междуэтажные перекрытия и покрытия могут быть безбалочной или балочной (ригельной) конструкции. Многоэтажные здания предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности, как правило, имеют безбалочные перекрытия с гладкими потолками, способствующими лучшему вентилированию пространства под потолком и тем самым уменьшающими возможность появления конденсата и плесени на его поверхности.

Предложены и находят применение в практике строительства различные типы сборных и сборно-монолитных безбалочных перекрытий (Промстройпроекта и ЦНИИПромзданий, Гипрохолода), а также сборные безбалочные железобетонные перекрытия с сеткой колонн  $6 \times 6$  м, разработанные институтом Гипромясомолпром. Разрезка колонн поэтажная. Их сечение в нижних этажах  $50 \times 50$  см, в верхних  $40 \times 40$  см.

Каждая колонна в верхней части имеет расширение консольного типа. Капители бункерного типа устанавливаются на верхнюю часть колонн так, чтобы они опирались на их консольное расширение. В пределах бункерной капители располагают стык колонн двух смежных этажей и замоноличивают его путем заполнения бункера капители бетоном. На капители опираются надколонные панели (плиты-балки), оставшееся между ними пространство заполняют средними пролетными панелями (плитами), опирающимися своими краями на края надколонных панелей (рис. 18).

Транспортные узлы, включающие в себя лестничные клетки и лифтовые шахты, целесообразно выносить за пределы прямоугольного контура производственного корпуса. Это упрощает планировку и монтаж каркаса здания. Однако вынести транспортный узел не всегда возможно, тогда приходится его вписывать в контур здания (рис. 19). При этом колонны внутри лестничной клетки не устанавливают, их заменяют стены клетки, являющиеся в этом случае несущими.

В многоэтажных промышленных зданиях каркасного типа балочной (ригельной) конструкции пристенные колонны, примыкающие к продольным стенам, делают с односторонними, а средние — с двусторонними консолями для опоры ригелей. Междуэтажные перекрытия и покрытия включают ригели и плиты в качестве несущей части. Ригели прямоугольного сечения с опорой плит (настилов) перекрытия на верхнюю грань ригелей применяют в перекрытиях с пролетом 6 м и отверстиями для «провисающего» оборудования с сосредоточенной нагрузкой более 10 т (рис. 20, а). Номинальная длина плит равна расстоянию между осями ригелей 6 м, а ширина 1,5 м. Так называемые доборные плиты шириной 750 мм укладывают у продольных наружных стен зданий. Плиты, укладываемые по продольным осям зданий, в торцах имеют вырезы трапециевидной формы для пропуска ко-





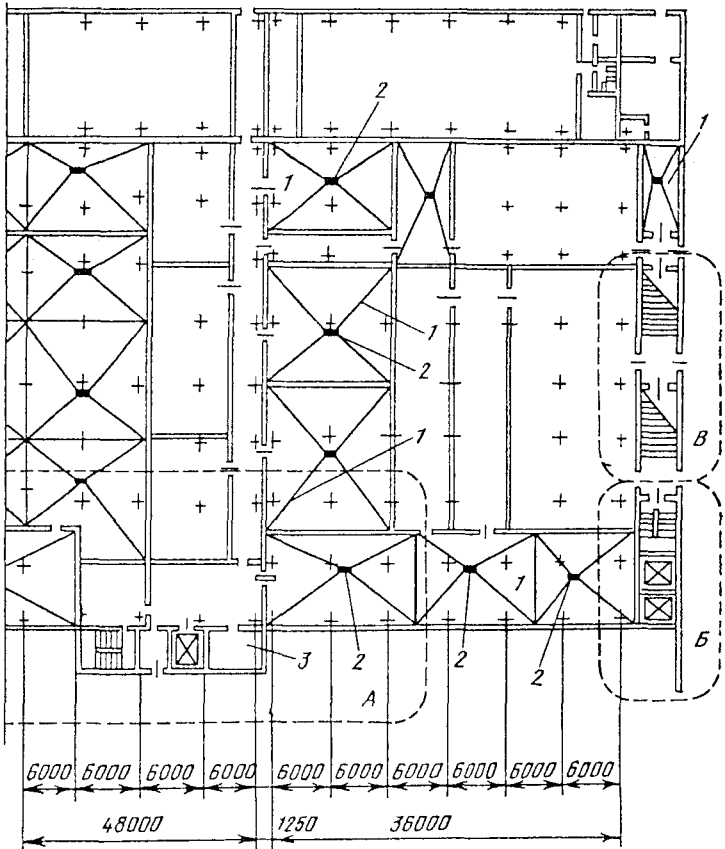


Рис. 19. План первого этажа мясоперерабатывающего комбината:

*A* — транспортный узел вне контура здания; *Б* — транспортный узел внутри контура здания; *В* — наклонный конвейер для транспортирования полутуш; 1 — конвертовка пола помещений для облегчения стока воды к трапам; 2 — трапы; 3 — помещения для хранения моющих и дезинфицирующих средств, инвентаря и приспособлений для уборки цехов

лонн (рис. 20, б). Ригели с боковыми полками для опоры плит применяют при сосредоточенной нагрузке менее 10 т для пролетов 6 и 9 м.

Если верхний этаж делают с укрупненной сеткой колонн, его покрытие имеет такую же конструкцию, как и в одноэтажных зданиях с соответствующими пролетами.

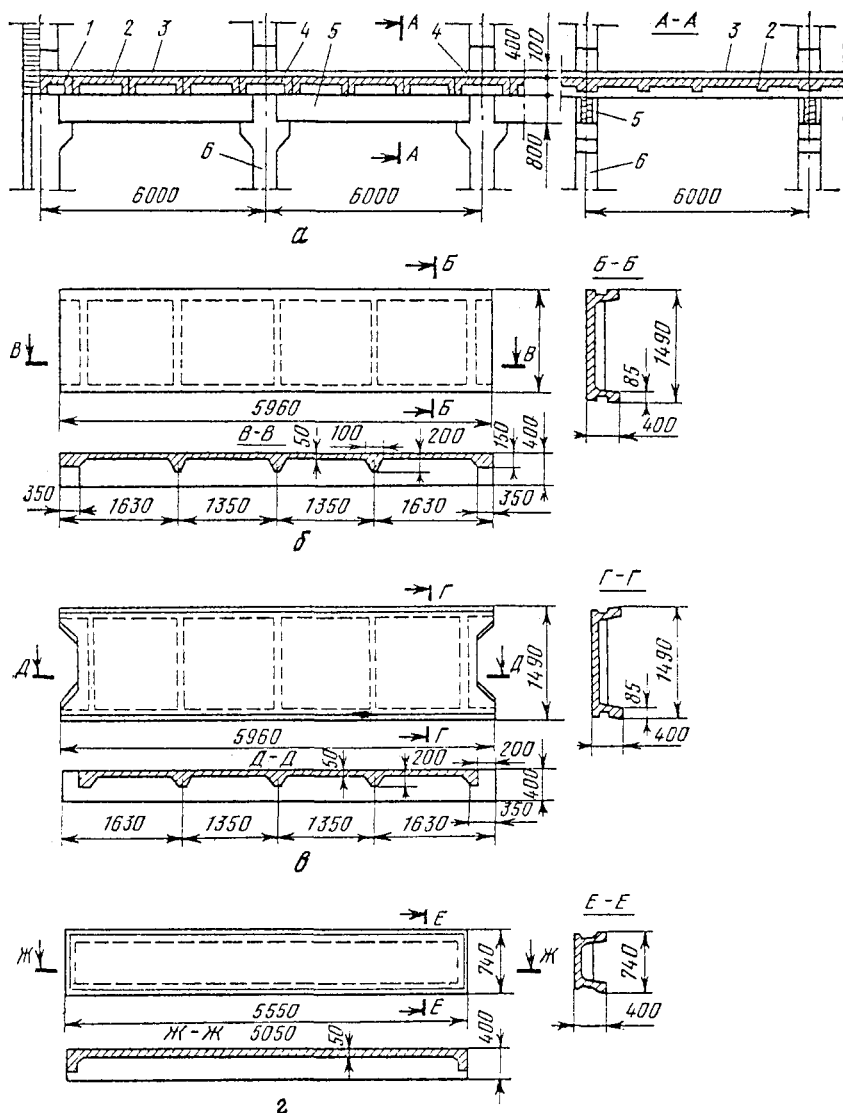


Рис. 20. Детали конструкции сборного железобетонного перекрытия:

*а* — разрез перекрытия с ригелями прямоугольного сечения и укладкой лотковых настилов поверх ригелей; *б* — форма и размеры лоткового настила (рядового); *в* — с вырезом для пропуска колонн; *г* — доборного; *д* — лотковые настилы; *е* — конструкция пола; *ж* — лотковый настил с вырезом для пропуска колонн; *з* — ригели прямоугольного сечения; *и* — колонны

## §9. Стены и перегородки

**Стены.** Стенами называют конструктивные элементы зданий, служащие для отделения помещений от внешнего пространства (наружные стены) или одного помещения от другого (внутренние стены). По характеру работы стены делят на несущие, самонесущие и навесные. Несущие стены воспринимают нагрузку от собственного веса и других конструкций и передают ее на фундаменты. Самонесущие стены несут нагрузку только от собственного веса по всей своей высоте и передают ее на фундаменты. Навесные стены несут собственную нагрузку только в пределах одного этажа. Они опираются, как правило, на каркас.

К стенам предъявляются следующие требования: они должны иметь достаточную прочность и устойчивость, обладать нужными тепло- и звукоизолирующими свойствами, быть огнестойкими, долговечными и экономичными. Кроме того, нужно стремиться, чтобы стены были легкими, а методы их возведения — максимально индустриальными.

*Кирпичные (каменные) стены.* Кирпичные наружные стены обычно имеют три характерных части: нижнюю часть — от верхней грани фундамента до пола первого этажа — цоколь; среднюю часть в виде кирпичной кладки от пола нижнего до потолка верхнего этажа; верхнюю (венчающую) часть — карниз или парапет.

Цоколь — обычно несколько утолщенная (а иногда имеющая меньшую толщину) часть стены. Его выполняют из прочных, влагостойких материалов. При кладке из обычного кирпича цоколь облицовывают прочной цементной штукатуркой и реже естественным камнем с целью защиты нижней части стены от механических и атмосферных воздействий.

Толщину средней части кирпичных наружных стен промышленных зданий с нормальным температурно-влажностным режимом помещений делают в соответствии с теплотехническим расчетом, но не менее 25 см (1 кирпич) и не более 51 см (2 кирпича). При высокой относительной влажности внутри помещений вести кладку стен из многодырчатого или силикатного кирпича, а также с устройством воздушных прослоек не рекомендуется. Кладку стен влажных цехов следует делать на цементном растворе марок 20...50 при толщине вертикальных швов не более 10, а горизонтальных — 18 мм. Кирпич при этом должен иметь марку не менее 75.

Для предупреждения капиллярного подсоса влаги из грунта в стену ее отделяют от фундаментной балки или фундамента гидроизоляцией из двух слоев рубероида на битумной основе или толя на дегтевой. Отверстия в стенах для окон и дверей (проемы) перекрывают сверху специальными

балками, называемыми перемышками. Перемышки воспринимают нагрузку от расположенной над ними кладки и передают ее на простенки, т. е. участки стен между вертикальными гранями оконных проемов.

Венчающей частью стены является карниз или парапет, выполненные из кирпича или железобетона.

Карниз делают при наружном, а парапет — при внутреннем отводе атмосферных вод с покрытия. Карниз располагается ниже покрытия, парапет возвышается над ним.

Наружный неорганизованный отвод — тот, при котором сток воды осуществляется по всему периметру крыши непосредственно через карниз. Для уменьшения попадания дождевой и талой воды на стены карниз выносят за внешнюю плоскость наружных стен не менее чем на 0,3 м у двухэтажных и 0,5 м у трех-, пятиэтажных зданий. Этот способ водоотвода допустим только при высоте здания не более 10 м и отсутствии ливневой канализации.

Наружный организованный отвод осуществляется с помощью водосточных желобов и труб, количество последних зависит от их диаметра интенсивности выпадения осадков.

*Крупнопанельные стены.* Стены каркасных промышленных зданий делают, как правило, из крупных панелей.

Для отопляемых зданий длина их равна шагу колонн 6 или 12 м, толщина — 160 мм (при длине 6 м), 200, 240, 300 и 400 мм. Ширину (высоту) панелей принимают 1,2 и 1,8 м, а панелей-перемычек — 0,6 и 0,9 м. По конструкции панели выполняют однослойными, двухслойными и трехслойными. Однослойные панели представляют собой однородную стенку из керамзитобетона или ячеистых бетонов с армированием сварными каркасами.

Двухслойные панели имеют железобетонную ребристую плиту, являющуюся несущей основой, и теплоизоляционный слой из пенобетона, пеностекла или другого эффективного теплоизолятора. Толщина теплоизоляционного слоя определяется теплотехническим расчетом; от него зависит и общая толщина панели.

Трехслойные панели состоят из двух железобетонных плит с теплоизоляционным слоем между ними. Применение высокоэффективных теплоизоляционных материалов позволяет ограничить общую толщину трехслойных панелей пределами 200...300 мм.

В зданиях с нормальным влажностным режимом целесообразна разрезка стен с навесными панелями и ленточным остеклением (рис. 21, а, б). В зданиях высотой более 12 м без внутренних перегородок проемы и простенки делают шириной 6 м (рис. 21, в).

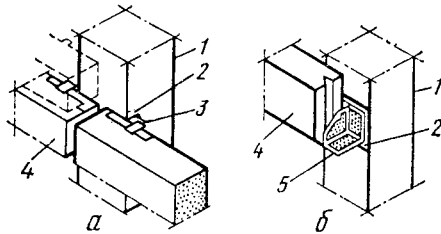


**Рис. 21.** Конструктивные схемы крупных панельных стен промышленных зданий: *а, б* — навесные панельные стены при ленточном остеклении с опиранием панелей на опорные консоли; *в* — навесные или самонесущие панельные стены; *г, д* — самонесущие панельные стены

В зданиях с мокрым режимом помещений проемы и простенки делают шириной 1,5 и 3,0 м (рис. 21, *г, д*).

Для неотапливаемых зданий предусмотрены железобетонные ребристые панели длиной 12 м, шириной 0,9; 1,2; 1,5 и 1,8 м с высотой ребра 300 мм и толщиной 80 мм. Они не имеют слоя утеплителя, их делают из предварительно напряженного железобетона. Панели длиной 6 м изготовляют плоскими (без ребер) из тяжелого бетона марки 300.

Крепление панелей осуществляют с учетом изменения их положения в горизонтальном направлении под воздействием температуры, а также в вертикальном — при неравномерной осадке соседних колонн. Панели прикрепляют к колоннам с помощью стальных деталей (рис. 22).



**Рис. 22.** Крепление стеновых панелей к колоннам каркаса: *а* — на высоте до 6 м; *б* — на высоте 6 м и более; 1 — колонна; 2 — закладная деталь колонны; 3 — элементы крепления; 4 — стеновая панель; 5 — опорный столбик

**Перегородки.** Перегородки производственных зданий предназначены для разделения крупных помещений на более мелкие и относятся к внутренним несущим вертикальным конструкциям. В зависимости от назначения перегородок, от того, какие помещения они разделяют, к ним предъявляют следующие требования: высокая прочность, огнестойкость, влагуостойчивость, малая звукопроводность, гигиеничность и герметичность.

Для влажных помещений предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности особенно важны влагуостойчивость и гигиеничность. Этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяют

перегородки из железобетона и красного кирпича с отделкой их поверхности в соответствии с температурно-влажностным и санитарным режимами разделяемых помещений.

По конструкции перегородки могут быть сборными из крупных панелей заводского изготовления и возводимыми на месте из мелких элементов, или монолитными. В связи с большими темпами развития науки и техники, вызывающими довольно частое изменение технологических процессов и оборудования, предпочтительнее каркасные перегородки из легких материалов сборно-разборного типа, позволяющие переносить их в случае необходимости с одного места на другое. К ним относятся, в частности, сборно-разборные перегородки из железобетонных панелей с железобетонным каркасом и из витринного неполированного стекла толщиной 6...8 мм или полимерных материалов с каркасом из пресованного алюминиевого профиля, а также из стеклоблоков и стеклопрофилита.

Сборно-разборные перегородки высотой 2,5...3,0 м применяют в помещениях большой высоты, что облегчает их перестановку на другое место при изменении технологического процесса производства. Перегородки изготовляют из железобетона, металла или дерева.

Типовые железобетонные перегородки имеют двухфиленочные панели, верхние и нижние обвязки и фундаментные плиты (рис. 23).

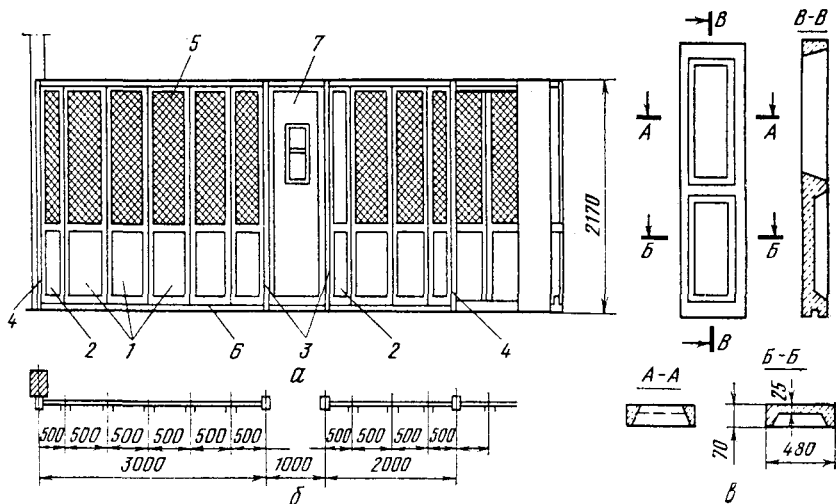


Рис. 23. Сборно-разборная перегородка из железобетонных панелей:

*a* — общий вид; *б* — план; *а* — панели; 1 — рябовая панель; 2 — доборная стандартная панель; 3 — несущие стойки; 4 — стойки-вкладыши; 5 — верхняя обвязка; 6 — нижняя обвязка; 7 — дверь

Двухфиленочная панель имеет размеры  $2050 \times 495$  мм при толщине обвязок 70 мм. Верхняя филенка затягивается металлической сеткой или остекляется. У мест примыкания к стойкам устанавливают доборные панели уменьшенной ширины (420 мм). По всему периметру перегородки укладывают нижние обвязки таврового сечения ( $250 \dots 80$  мм) и

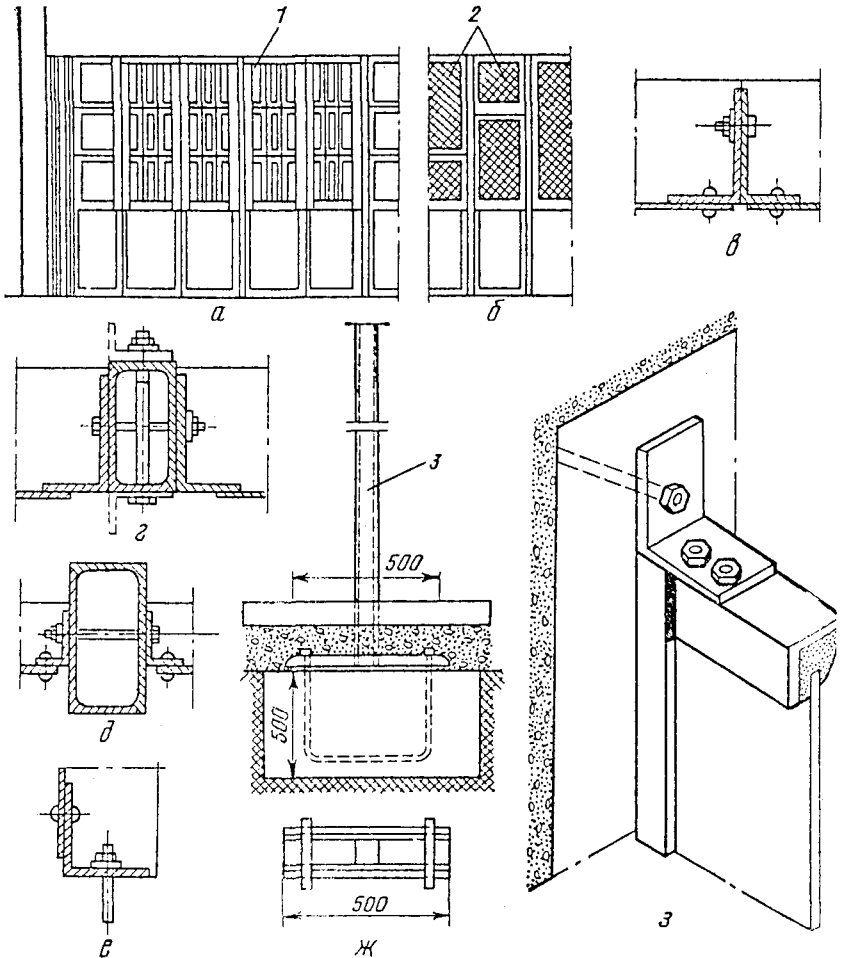


Рис. 24. Сборно-разборная перегородка из стальных листов:

*a* — остекленная; *б* — с металлической сеткой; *в* — сопряжение смежных листов; *г* — стойка-вкладыш; *д* — несущая стойка; *е* — крепление листов к полу; *ж* — крепление стойки к фундаменту; *з* — деталь крепления листа; 1 — стекло; 2 — сетка; 3 — стойка





нута проволочной сеткой или остеклена. Перегородка крепится к бетонному полу с помощью деревянных пробок, закладываемых в пол, к которым прикрепляется направляющая рейка. На рейку устанавливаются щиты и укрепляют галтели.

## § 10. Покрытия

Покрытие (крыша), защищает здание от воздействия внешней среды, воспринимает действующие на него нагрузки и передает их на несущие стены или колонны. В промышленных зданиях, как правило, применяют бесчердачные крыши, называемые покрытиями.

Первую (защитную) функцию выполняет ограждающая часть, а вторую (восприятие нагрузок) — несущая часть покрытия.

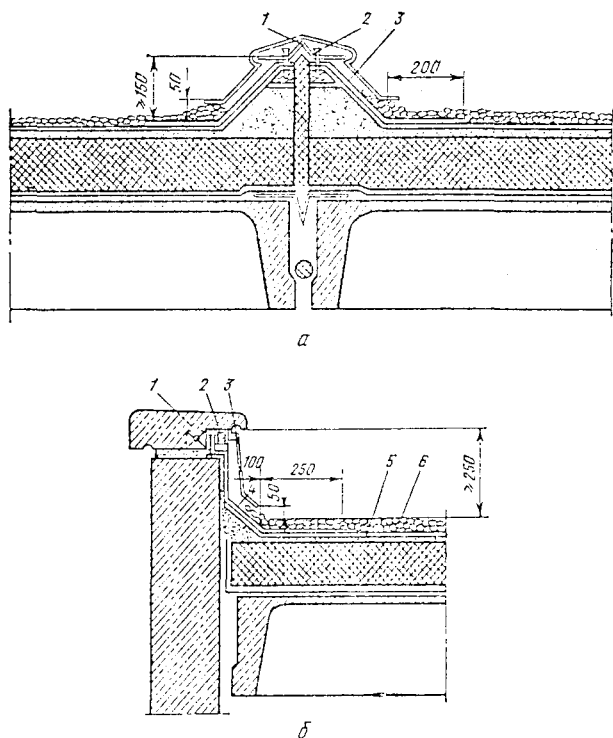
Ограждающая часть состоит из различных слоев, имеющих самостоятельное назначение.

По выровненной поверхности несущих железобетонных панелей наносят пароизоляцию в виде слоя мастики или рулонного материала. По пароизоляции укладывают слой утеплителя из какого-либо теплоизоляционного материала, толщину которого обычно принимают по теплотехническому расчету.

На утеплитель укладывают слой пергамина и по нему — армированную стяжку из цементного раствора или бетона с мелким наполнителем, а иногда из асфальтобетона. Армированная стяжка защищает утеплитель от механических воздействий и одновременно служит жесткой основой для рулонной кровли, которая защищает конструкцию покрытия и все здание от атмосферных осадков. Она включает водоизоляционный ковер из нескольких слоев наклеенного рулонного материала и уложенный по коврику защитный слой гравия, втопленного в битум (рис. 26).

Материал и количество слоев водоизоляционного ковра и защитного слоя зависят от уклона кровли, а также наличия или отсутствия дополнительной защиты от солнечной радиации.

При малом уклоне кровли (от 0 до 2,5 %) обычно делают четырехслойный ковер (или 4 слоя толя-кожи на дегтевой мастике, или гидроизола, или гниlostойкого рубероида, или стекло-рубероида на битумной мастике). При этом защитный слой делают из одного



**Рис. 26.** Конструкция деформационного шва в пределах покрытия и примыкания кровли к стене:

*a* — деформационный шов: 1 — обделка деформационного шва из оцинкованной кровельной стали или пластмассы; 2 — верхний компенсатор из оцинкованной кровельной стали; 3 — дополнительные слои гидроизоляции (один слой рубероида с крупнозернистой посыпкой (верхний) и три слоя рубероида без посыпки);

*б* — конструкция примыкания кровли к стене: 1 — бетонные парапетные плиты с деревянными антисептированными пробками; 2 — антисептированная деревянная рейка; 3 — фартук из оцинкованной кровельной стали; 4 — один слой рубероида с крупнозернистой посыпкой (верхний) и три слоя рубероида без посыпки; 5 — гидроизоляционный ковер (основной) из 4-х слоев рубероида; 6 — двухслойное гравийное покрытие гидроизоляционного ковра

слоя, а для водоналивных кровель из двух слоев гравия, втопленных в мастику.

При угле кровли от 2,5 до 10 % делают трехслойный ковер из тех же материалов и один слой гравия, втопленный в мастику. Благодаря многослойности, рулонный ковер обеспечивает водонепроницаемость на длительный срок эксплуатации.

## § 11. Междуэтажные перекрытия

Перекрытия — горизонтальные ограждающие конструкции, разделяющие по высоте объем здания на этажи; одновременно они являются и несущими, так как воспринимают вертикальные нагрузки от людей, оборудования и материалов, находящихся на этаже, и горизонтальные ветровые нагрузки, передающиеся от стен зданий, т. е. перекрытия выполняют роль диафрагм жесткости в горизонтальном направлении, обеспечивающих устойчивость зданий.

По расположению в здании перекрытия разделяют на междуэтажные, чердачные и перекрытия над подвалами.

По роду материалов основных несущих элементов перекрытия могут быть железобетонными (сборными, монолитными), деревянными и комбинированными, в которых несущие балки (ригели) выполнены из стали, а плиты перекрытий железобетонные.

По конструктивным схемам перекрытия делятся на балочные, ребристые и панельные (безбалочные).

Основными элементами перекрытий являются: несущие конструкции (балки, ригели и плиты); шиты настилов; звуко-, тепло- и гидроизоляционные прослойки; конструктивные элементы полов зданий.

В зависимости от назначения зданий и перекрытий к ним предъявляются, кроме обязательных требований к прочности, жесткости, индустриальности, минимальной высоте (толщине) и экономичности, еще и дополнительные требования по тепло- и звукоизоляции, огнестойкости, газо-, паро- и водонепроницаемости.

В качестве теплоизоляции перекрытий, разделяющих помещения с различным температурно-влажностным режимом, используют пористые сыпучие (пемзу, керамзитовый гравий, шлак) или плитные теплоизоляционные материалы (минераловатные плиты и др.).

Для повышения звукоизоляции перекрытий по плитам укладывают слой пористых или волокнистых материалов, а также прокаленный песок, газобетон, перлитобетон и др.

Для повышения огнестойкости деревянных конструкций перекрытий их поверхности покрывают специальными огнестойкими составами. Чтобы через перекрытия не проникали газы, пары и влага, устраивают оклеечную изоляцию из рулонных материалов на битумных мастиках или поверхности перекрытий покрывают слоем специальных изоляционных мастик.

В перекрытиях чердачных и над неотапливаемыми подвалами создают слой пароизоляции из рулонных материалов (пергамин, толь) и теплоизоляции из засыпных или плитных утеплителей.

В перекрытиях душевых и санузлов перед устройством пола выполняют гидроизоляцию из рулонных материалов на битумных мастиках. Слой гидроизоляции поднимается на стены на высоту 300 мм.

Основными видами перекрытий в промышленных зданиях являются железобетонные. Широкое распространение они получили благодаря долговечности, огнестойкости, высоким прочностным качествам и возможности механизированного монтажа. По конструктивной схеме железобетонные перекрытия разделяют на балочные и безбалочные; по способу возведения — на сборные из деталей заводского изготовления, монолитные, выполняемые на месте строительства, и сборно-монолитные, в которых сборные несущие элементы (ригели и плиты) после их монтажа дополнительно усиливают слоем монолитного железобетона, укладываемого на месте.

Тип перекрытий выбирают в зависимости от назначения зданий с учетом экономических расчетов.

## § 12. Полы

Одним из основных конструктивных элементов зданий являются полы. К ним предъявляются следующие требования: они должны быть прочными, не деформироваться под воздействием механических нагрузок и тепловых воздействий, не выделять пыли, не искрить при ударах, быть бесшумными и обеспечивать необходимую звукоизоляцию всего перекрытия, легко очищаться от загрязнения. Полы должны быть экономичными и индустриальными в изготовлении.

Конструкция полов (рис. 27) состоит из следующих основных элементов:

♦ *покрытие* — верхний элемент пола, непосредственно подвергающийся эксплуатационным воздействиям. Покрытия подразделяются на сплошные (бетонные, асфальтовые, мозаичные, из поливинилацетатных эмульсий и др.) и из штучных материалов (плит, досок, линолеума и др.). Наименование пола устанавливают по наименованию его покрытия;

♦ *прослойка* — промежуточный слой, связывающий покрытие пола с нижележащим элементом или же служащий основанием для покрытия. Прослойку выполняют из песка, раствора и теплоизоляционных материалов;

♦ *стяжка* — слой, образующий жесткую или плотную корку по нежестким или пористым элементам перекрытия. Стяжку выполняют из цементно-песчаного раствора, обычного или легкого бетона;

♦ *гидроизоляционный слой* — элемент пола, препятствующий прониканию жидкостей из помещения через пол и грунтовых вод в помещение. Гидроизоляцией служат рулонные (толь, изол, гидроизол) и мастичные (битумные, дегтевые, асфальтовые) материалы;

♦ *подготовка* (жесткий подстилающий слой) — элемент пола на грунте, распределяющий нагрузки по основанию. Подстилающим слоем являются песок, щебень, гравий и бетон,

♦ *теплоизоляционный слой* — элемент пола, уменьшающий общую теплопроводность пола. При устройстве полов тепло- и звукоизоляционные слои выполняют из легких плитных или рыхлых материалов и бетонов на пористых заполнителях. Поверхности покрытий полов в зависимости от типа материалов окрашивают, шлифуют, железнят, циклюют и натирают мастиками.

**Сплошные полы.** К ним относят бетонные полы и их разновидности — мозаичные, цементно-песчаные, пластобетонные, асфальтобетонные и др.

В цехах предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности бетонные полы не применяют вследствие их некислотостойкости и плохой сопротивляемости ударам.

Мозаичные полы находят применение для устройства площадок и ступеней в лестничных клетках и конвейерах. В них в качестве крупного заполнителя применяют мелкий щебень из полирующихся твердых горных пород (мрамора, гранита, базальта и др.). Мозаичные по-

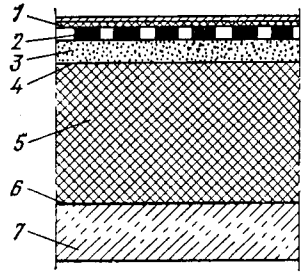


Рис. 27. Деталь конструкции пола при наличии тепловой изоляции;

1 — покрытие пола (чистый пол); 2 — гидроизоляция от производственных вод; 3 — подстилающий слой (армированная бетонная подготовка); 4 — гидроизоляция (2 слоя пергамина на битумной мастике) по теплоизоляционному слою; 5 — тепловая изоляция; 6 — гидроизоляция от грунтовых вод при полах на грунте или гидроизоляция по перекрытию над этажом с более высокой температурой; 7 — бетонная подготовка или междуэтажное перекрытие

лы полируют машинами после достижения бетоном необходимой прочности.

Цементно-песчаные полы из цементно-песчаного раствора (марок 100...300) толщиной 20...30 мм с последующим железнением применяются в дымогенераторах мясокомбинатов, а также в вентиляционных камерах.

Пластобетонные полы — это полы на основе специально подобранного синтетического вяжущего материала с минеральными заполнителями. Они отличаются водостойкостью, прочностью и химической стойкостью и в связи с этими качествами должны найти применение в цехах предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности. Сейчас эти полы изготавливают в порядке эксперимента для производственной проверки их качества и экономичности.

Асфальтобетонные полы выполняют из литой асфальтовой массы (смеси асфальтовой мастики, битума и песка) и крупного заполнителя в виде гравия или щебня размером 10...12 мм. Толщина укладываемого слоя 35...40 мм. Эти полы характеризуются высокой прочностью, водонепроницаемостью, небольшим коэффициентом теплоусвоения (являются достаточно «теплыми»), химической стойкостью, малой истираемостью, сравнительной дешевизной, несложностью ремонта и нескользким покрытием. В связи с перечисленными свойствами их широко применяют на предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности: в различных отапливаемых и охлаждаемых складах и экспедициях, в сушилках, тамбурах, камерах хранения холодильников, морозильных камерах, моечной тележек, слесарно-механических мастерских, а также на грузовых платформах.

**Полы из штучных материалов.** Выполняют из различных плиток заводского изготовления: бетонных, мозаичных, ксилолитовых, асфальтовых, а также керамических (метлахских и кислотоупорных) и плиток каменного литья. В последнее время получают распространение различные пластмассовые плитки: поливинилхлоридные, кумароновые, резиновые, фенолитовые и др., однако в пищевых цехах их применение ограничено.

Полы из керамических плиток получили очень широкое распространение в мокрых цехах мясной, молочной и рыбной промышленности с повышенными санитарными требованиями: в цехах убоя скота и разделки туш, переработки мяса и мясопродуктов, производства медицинских препаратов, сбора и обработки инфицированного сырья, производства животных кормов, приготовления рассола, мастер-

ской по ремонту контрольно-измерительных приборов, кладовой, душевых, уборных, моечных, торговых залах.

Полы из плиток каменного литья применяют в помещениях с мокрым режимом и повышенными санитарными требованиями, при интенсивном движении внутрицехового транспорта, а также при обработке пола горячей водой и щелочным раствором. Кроме того, плитками каменного литья покрывают отдельные участки полов производственных помещений с интенсивным движением внутрицехового транспорта (проезды для тяжелых тележек) при выполнении большей части полов из метлахских плиток.

Полы из пластмассовых плиток, например фенолитовых, которые обладают повышенной механической прочностью и химической стойкостью, устраивают в помещениях с повышенной влажностью. В конторских помещениях, гардеробах уличной, домашней и рабочей одежды, в комнате мастера, рентгеновском кабинете, в помещении пульта управления конвейерами применяют полы из резиновых плиток (резинового линолеума, или релина).

**Полы из торцовой шашки.** Их выкладывают из шашек прямоугольной или шестигранной формы, изготовленных из древесины твердых пород. Антисептированные торцовые шашки укладывают по песчаной или битумной мастике. Вертикальные швы заполняют битумной или дегтевой мастикой.

### § 13. Окна и фонари

Окна служат для освещения, естественной вентиляции и инсоляции — облучения помещений солнечными лучами. Фонарями называют надстройки над проемами в покрытиях, служащие для верхнего освещения рабочих мест, удаленных от оконных световых проемов, и для естественной вентиляции помещений цехов.

Окна как конструктивный элемент относятся к ограждающим конструкциям зданий и должны удовлетворять теплотехническим и звукоизоляционным требованиям. Для обеспечения необходимой звуко- и теплоизоляции окна имеют одинарное, двойное, а иногда и тройное остекление, соответствующее расстояние между стеклами, тщательную герметизацию стыков элементов оконных заполнений. Размеры окон определяют расчетом необходимого естественного освещения помещений.



Вентиляцию помещений обеспечивают через форточки, открывающиеся створки окон или фрамуги. Заполнение оконного проема состоит из оконной коробки, оконных переплетов и подоконной доски.

Оконные блоки промышленных зданий разделяются на деревянные окна, стальные и алюминиевые оконные блоки, стальные оконные панели и оконные заполнения из стекора (коробчатые профильные стекла) и стеклоблоков.

Деревянные окна состоят из оконных блоков-коробок с навешенными на петли створками, с наружным или внутренним открыванием. В одноэтажных зданиях применяют оба направления открывания; в многоэтажных — только внутреннее.

Оконные блоки заполняют отдельные проемы шириной 1; 1,5; 2; 3; 4; 6 м и высотой от 1,2 до 7,2 м с градацией 0,6 м, а также оконные панели той же высоты. Оконные блоки, заполняющие отдельные проемы, крепят к заложённым в боковые грани простеночных панелей деревянным пробкам; заполняющие ленты — к колоннам и стальным или деревянным импостам (стойкам), связанным с перемычными стеновыми панелями.

Стыки между оконными блоками с двойными створками заполняют теплоизолирующими прокладками с наружной и внутренней сторон. Стыки закрываются планками — нащельниками.

Деревянные окна для многоэтажных зданий имеют спаренные и отдельные переплеты. В северных районах страны устраивают окна преимущественно с отдельными переплетами и расстоянием между ними 90 мм. При панельных стенах толщиной 240 мм это расстояние может быть уменьшено до 50 мм. В южных районах в основном используют спаренные переплеты.

При заводском изготовлении на стройку доставляют готовые коробки с навешенными переплетами (оконные блоки). Их устанавливают в оконные проемы при кладке стен и крепят к боковым откосам проемов с помощью ершей, анкеров и т. п. Перед установкой грани коробки, обращенные к откосам проема, защищают от увлажнения слоем толя. Зазор между коробкой и стеной тщательно конопатят просмоленной паклей, а затем закрывают нащельниками, прибиваемыми к коробке.

Переплеты могут быть одинарными и двойными с одинарным, двойным и даже тройным остеклением в зависимости от климатических условий района и температурно-влажностного режима помеще-

ний, а также от расстояния рабочих мест до окон. Например, в отапливаемых промышленных зданиях с влажностью воздуха до 60 % и перепадом расчетных температур внутреннего и наружного воздуха до 35 °С при расположении рабочих мест более 2 м от окна делают одинарные переплеты.

Стальными переплетами или стальными и деревянными панельными переплетами длиной 6 м заполняют световые проемы в панельных стенах. В панельных переплетах предусматривают вертикальные импосты (стойки из швеллеров или уголков), воспринимающие нагрузку от массы переплетов и ветровую нагрузку с площади остекления и передающие их на панели, расположенные вверху и внизу проемов. Эти панели делают по специальному расчету как панели-перемычки. Максимальную высоту проемов принимают 7,2 м. При большей высоте используют специальные ветровые ригели или принимают двухъярусные проемы высотой менее 7,2 м.

При шаге крайних колонн 6 м и применении панельных переплетов длиной 6 м специальные панели-перемычки, цокольные панели и ветровые ригели не требуются.

Стандартные стальные переплеты изготавливают из специальных прокатных или штампованных профилей. Номинальная ширина проемов 1,5; 2; 3; 4 и 6 м, номинальная высота — кратная укрупненному модулю 1,2 м (до 7,2 м).

Железобетонные переплеты характеризуются огнестойкостью, прочностью, стойкостью против коррозии и загнивания, экономичностью в эксплуатации. Однако они сложны по устройству створных частей, поэтому их делают обычно глухими с деревянными или стальными форточками. Иногда для верхнего освещения через покрытие применяют железобетонные панели со стеклоблоками — стекложелезобетонные панели.

В зданиях предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности часто оконные проемы заполняют стеклоблоками, укладываемыми на цементном растворе с прокладкой арматуры из стальной проволоки по горизонтальным и вертикальным швам через 3...5 рядов блоков. Применение стеклоблоков исключает попадание прямых солнечных лучей на обрабатываемые пищевые продукты, а также увеличивает сопротивление теплопередаче. Применение стеклоблоков допустимо в помещениях с относительной влажностью воздуха до 60 %. Возможно заполнение оконных проемов стеклопрофилитом коробчатого и швеллерного сечения. В одноэтажных промышленных зданиях

для освещения удаленных от окон рабочих мест и аэрации (вентиляции) помещений устраивают фонари. Фонари могут быть световые, аэрационные и смешанного типа.

Для устройства верхнего освещения часто используют перепады высот между отдельными частями здания (рис. 28).

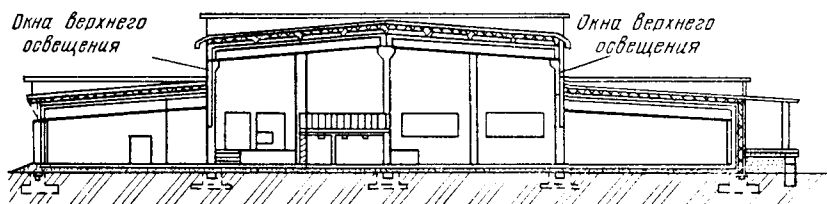


Рис. 28. Верхнее освещение с использованием перепадов высот в здании завода сухого обезжиренного молока

За последние годы получили распространение зенитные фонари круглой и прямоугольной формы, располагаемые в покрытиях над средней частью помещений в виде куполов или панелей и светопропускаемых пластмасс. Из этих пластмасс наиболее распространенными являются органическое стекло, полиэфирные стеклопластики и поливинилхлорид.

## § 14. Ворота и двери

Ворота предназначены для пропуска в здание транспортных средств, технологического оборудования и людей.

Количество ворот, их размеры и размещение зависит от особенностей технологического процесса.

Ширина и высота ворот должны быть: для пропуска автотранспорта 3×3; 4×3; 4×3,6; 4×4,2 м, для ввода железнодорожных составов 4,7×5,6 м.

С наружной стороны ворот (за исключением железнодорожных) устраивают пандус с уклоном 1:10. Для пропуска людей в воротах устанавливают калитки (двери с высоким порогом).

По способу открывания ворота бывают: распашные с полотнами, закрепленными к железобетонной раме; раздвижные на ходовых ро-

ликах, перемещающиеся по рельсам над воротами; складывающиеся, состоящие из узких створок, складывающихся в пакет при открывании; подъемные с полотном, поднимающимся над воротами; подъемно-секционные в виде горизонтальных полотен, сдвигаемых в пакет над воротами; подъемно-поворотные, поворачивающиеся при открывании и складывающиеся над воротами; шторные, в виде горизонтальных секций, наматываемых на барабан выше ворот; откатные, состоящие из цельнометаллических секций, передвигаемых по рельсам в «карманы» или в помещения вдоль стен.

Ворота промышленных зданий для безопасной эксплуатации оборудуют ограничительными, уравнивающими и блокирующими устройствами. Ворота промышленных зданий заполняют утепленными или неутепленными полотнами. Наиболее распространены следующие конструкции воротных полотен:

- ♦ деревянные, состоящие из обвязки, усиленной средниками, и дощатого заполнителя, утепленного войлоком. Провисание полотен устраняют при помощи диагональных связей и стальных накладок. Такие полотна применяют в распашных воротах (высотой до 3 м);

- ♦ деревянные со стальным каркасом, обрамленные по контуру обвязкой из швеллеров, со средниками из двутавров, с раскосами из полосовой стали. Заполнение из досок, утепленных войлоком, обернутым в пергамин. Такую конструкцию полотен имеют раздвижные и распашные ворота (высотой более 3 м);

- ♦ металлические, усиленные внутренним каркасом, с двухсторонней обшивкой из металлических или алюминиевых листов. Полость внутри полотна заполняется утеплителем. Таким полотном из одной створки оборудуются подъемные ворота. Двустворчатыми полотнами ограждают проемы подъемно-поворотных ворот. Полотна, состоящие из горизонтальных створок, применяют в подъемно-секционных воротах;

- ♦ шторные, собираемые из профилированных неутепленных стальных планок, соединенных в замок. При открывании ворот штора (полотно) движется по направляющим из уголков.

Проемы ворот обрамляют металлической или железобетонной рамой. Стойки рамы опирают на уступы фундаментов колонн каркаса или на самостоятельный фундамент.

Ворота отапливаемых зданий, открывающиеся более пяти раз в смену или на период более 40 мин, оборудуют воздушно-тепловой завесой, включающейся при открывании и выключающейся при закрытии воротных полотен.

Двери состоят из дверной коробки и открывающихся дверных полотен. По числу дверных полотен различают двери: однопольные, двухпольные и полуторные (с двумя полотнами неравной ширины).

Двери промышленных зданий отличаются от дверей гражданских и общественных зданий простотой устройства и отделки, а также большой прочностью обвязок и обшивки. Ширина однопольных дверей 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,1 м, а двухпольных — 1,4 и 1,8 м. Высота дверей 2,3; 2,4 м.

Для специальных помещений (например, для трансформаторных подстанций и др.) делают металлические двери. Во избежание охлаждения работающих в помещении потоками холодного воздуха, у дверей и ворот в наружных стенах устраивают тамбуры и воздушные завесы (исключая редко открывающиеся ворота). Ширину тамбуров принимают на 0,5 м больше ширины дверей, а глубину — на 0,2 м больше ширины дверных полотен.

Кроме производственно-технологического назначения, двери и ворота служат для эвакуации людей во время пожара. Количество эвакуационных выходов из помещений должно быть не менее двух. Суммарную ширину дверей в многоэтажном производственном здании принимают из следующего расчета: при трех и более этажах — 1 м на 100 человек, в одно- и двухэтажном зданиях — 1 м на 125 человек. Эвакуационные двери должны открываться наружу и быть шириной не менее 0,8 м. Максимальное расстояние от рабочего места до эвакуационного выхода в одноэтажном здании допускается до 50 м — при I и II степени огнестойкости и категории А по пожарной опасности производства, до 100 м — при категориях Б и В. В многоэтажном здании эти расстояния должны быть соответственно не более 40 и 75 м. Для производства категорий Г и Д это расстояние не ограничено.

Элементы заполнения дверных проемов собирают на заводах в дверные блоки, состоящие из коробок и полотен, и доставляются в готовом виде к месту установки.

## § 15. Лестницы

Лестницы по назначению разделяют на основные или главные, предназначенные для постоянного сообщения между этажами, вспомогательные или служебные, аварийные, пожарные, чердачные для

выхода на чердак, подвальные для спуска в подвал и цокольные для подъема от входа в здание до уровня пола первого этажа.

Основные лестницы располагают в специальных помещениях, называемых лестничными клетками и ограждаемых несгораемыми (чаще кирпичными — в 1,5 кирпича) стенами с пределом огнестойкости не менее 3 ч. Лестницы должны обладать пропускной способностью, безопасностью пользования и капитальностью, а также иметь естественное освещение и выход наружу.

Основные элементы лестницы следующие: марш — наклонная часть лестницы, на которой устраивают ступени, и лестничная площадка — горизонтальная ее часть, служащая для изменения направления движения при переходе с одного марша на другой, а также для сообщения с помещениями через располагаемые на этажных лестничных площадках двери. Промежуточные площадки служат только для поворота движения. Марш и площадку делают из несгораемых и достаточно огнестойких материалов, чаще всего из железобетона.

Утверждены типовые конструкции лестниц промышленных зданий с одним типоразмером ступеней шириной 300 мм (проступь) и высотой 150 мм (подступенок), шириной маршей 1350 мм, высотой 1200 мм (рис. 29). В соответствии с противопожарными нормами количество лестниц в здании должно быть не менее двух. Помимо этого, количество лестниц определяется условием, по которому максимально допустимое расстояние (считая по проходам между оборудованием) от рабочего места до ближайшей лестницы для помещений категории Б и В равно 75 м, а для категории А — 40 м.

Для административных корпусов промышленных предприятий и для бытовых пристроек к одноэтажным промышленным зданиям с высотой этажей 3,3 м применяют типовые лестницы с опорой маршей на балки перекрытия и на специальные балки на уровне промежуточных площадок, ширина марша 1,4 м, высота подъема 1,65 м, размер лестничной клетки в плане 3×6 м. Стены лестничной клетки выполняют из легких или ячеистых бетонов. Они опираются на балки перекрытий.

В цехах мясной, молочной и рыбной промышленности часть технологического оборудования устанавливают на антресолях — специальных технологических рабочих площадках. Для подъема на площадки с оборудованием используют служебные лестницы. Их делают обычно открытыми (без лестничных клеток) с маршем в две тетивы из полосовой стали с уклоном 45...60° и более. Проступи делают

из листовой рифленой стали или из прутков. Они имеют простую легкую решетчатую конструкцию, занимающую минимальную площадь пола.

Пожарные лестницы устанавливают у промышленных зданий высотой 10 м и более на расстоянии 200 м, считая по периметру здания. Их не доводят до поверхности земли на 1,5...2 м.

Аварийные лестницы устраивают снаружи зданий с уклоном не более  $45^\circ$  и площадками (балконами) на уровне пола каждого этажа с устройством выходов на них из помещений. Они служат для эвакуации людей с этажей при авариях и пожарах. Марши и площадки делают стальными решетчатыми во избежание задержки атмосферных осадков, их огораживают перилами высотой не менее 0,8 м, ширина марша при этом не менее 0,7 м. Если аварийная лестница служит одновременно и пожарной, то ее делают от поверхности земли до крыши здания.

Кроме перечисленных, лестницы бывают винтовые, наружные входные и лестницы-стремянки (круто поставленные).

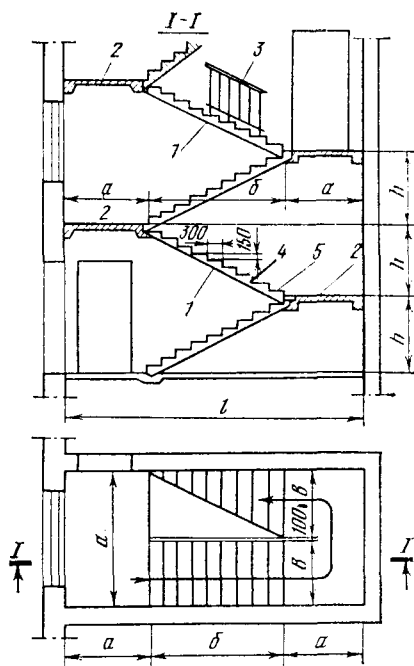


Рис. 29. План и разрез типовой лестничной клетки:

1 — марш; 2 — лестничная клетка; 3 — перила; 4 — подступенок; 5 — поручень

## § 16. Облегченные строительные конструкции

Сокращению сроков строительства и повышению эффективности капитальных вложений способствует применение облегченных строительных конструкций с высокой заводской готовностью, которые по-

ставляются на строительную площадку в полном комплекте — со всеми деталями и элементами, необходимыми для сборки здания.

Для мясной, молочной и рыбной промышленности целесообразно использовать легкие стеновые ограждения с обшивками из металлического листа и эффективным утеплителем между ними, которые бы по температурно-влажностным режимам выдерживали агрессивное воздействие среды. В настоящее время промышленностью выпускаются панели для легких конструкций. Они состоят из двух слоев оцинкованной стали, между которыми находится слой пенополиуретана. Основные разработчики этих панелей ЦНИИпромзданий, ЦНИИСК имени В. А. Кучеренко, НИИ строительной физики.

Металлический лист может быть стальным оцинкованным или алюминиевым, а также профилированным. Панели используют в качестве стен одноэтажных зданий, предназначенных для размещения производств с неагрессивной или слабоагрессивной средой при относительной влажности не более 60...70 %. Для строительства холодильников, а также помещений, требующих соблюдения термokonстантных условий, организовано производство специальных панелей. Это панели типа «сэндвич» толщиной 80, 100, 120 и 180 мм и длиной 6 м. Также выпускаются монопанели из стального листа, имеющие толщину теплоизоляции 90...180 мм и выход гофра 110 мм. Конструктивное решение стены из панелей типа «сэндвич» показано на рис. 30. Панели устанавливают вертикально и прикрепляют к горизонтальным элементам фахверка, расстояние между которыми может быть в пределах 3...6 м и кратным 0,6 м. Стык панелей по вертикали имеет два варианта: первый — типа «гребень-паз» с изопреновой уплотняющей прокладкой; второй — кулачковый из двух одинаковых выступов круглой формы с последующей ее герметизацией снаружи утепленным нагельником. Опорой таких стен служит цоколь, выполняемый из более прочных материалов: кирпича, бетонных блоков и т. п.

Промышленность освоила и выпускает легкие металлические конструкции для возведения одноэтажных зданий с относительной влажностью воздуха 70 %. К ним относятся стальные рамные (коробчатого сечения каркасов типа «Орск») и каркасные (стальные) конструкции с несущими рамами из прокатных широкополочных и сварных тонкостенных двутавровых балок типа «Канск». Конструкции типа «Орск» применяют при сооружении промышленных зданий, предназначенных для размещения производств по выпуску пищевой продукции и товаров народного потребления. Комплект ограждающих конструк-



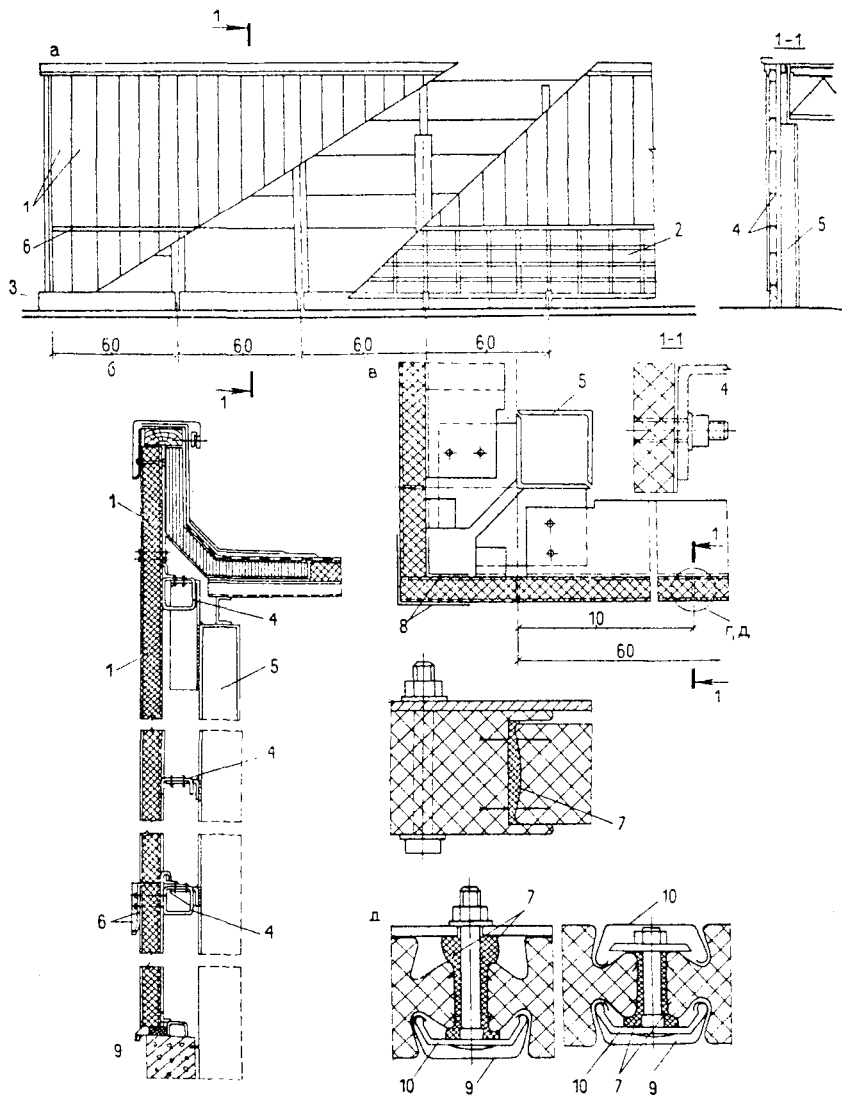


Рис. 30. Схема и детали стены из панелей типа «сэндвич»:

*a* — фасад; *б* — разрез 1-1; *в* — угловой стык; *г* — вертикальный стык типа паз-ребень; *д* — то же кувачкового типа; 1 — панель; 2 — оконное заполнение; 3 — цоколь; 4 — ригель; 5 — колонна; 6 — элементы обрамления горизонтального стыка; 7 — герметик; 8 — элементы обрамления угла; 9 — шельник; 10 — фасонная шайба

ций здания (модуля) состоит из наружных стеновых панелей со стальными обшивками с утеплителем из пенополиуретана толщиной 50...100 мм. Стальные конструкции каркасов типа «Канск» применяют для сооружения одноэтажных однопролетных и многопролетных промышленных зданий. Каркас включает ригели и колонны рам, стойки торцевого и продольного фахверка, торцевые балки, прогоны, профилированный настил и стойки подкрановой эстакады (для крановых зданий). Стены изготавливают из металлических трехслойных панелей с утеплителем из пенополиуретана; толщина стен 50...100 мм. В Гипромясомолпроме совместно с институтом ЦНИИпромзданий и ЦНИИпроектстальконструкций разработаны проекты холодильников емкостью 250...1000 т хранения из легких металлических конструкций комплектной поставки. Они предназначены для строительства, реконструкции и технического перевооружения действующих холодильников. Так, одноэтажный холодильник емкостью 500 т единовременного хранения предназначен для хранения мяса, мясных продуктов, охлажденного мяса на подвесных путях, рыбы, фруктов, а также замороженных продуктов в упакованном и неупакованном виде и охлажденных продуктов (рис. 31).

Ограждающие конструкции холодильника выполнены из трехслойных металлических панелей с утеплителем из пенополиуретана. Наружные стены и перегородки крепятся к внутреннему каркасу. Панели обшиты оцинкованным листом толщиной 0,6 мм, окрашенным пластезолем. Толщина панелей наружных стен, покрытий и перегородок от 75 до 175 мм. Здания предприятий формируются при помощи блокировки строительных модулей в различных комбинациях в зависимости от емкости и назначения холодильников. Особенно эти конструкции эффективны для предприятий малой мощности, а также при сооружении вспомогательных зданий и холодильников непосредственно в хозяйствах, занимающихся переработкой и хранением сельскохозяйственной продукции.

Примером применения стальных облегченных каркасов при строительстве предприятий молочной промышленности может служить Степногорский завод сухого цельного молока (рис. 32). На этом заводе возведен цех сгущения и сушки молока в стальных конструкциях. Цех отличается от типовых одноэтажных зданий наличием встроенных перекрытий, которые не меняют типа здания. Оно считается одноэтажным, так как выполнено из конструкций, предназначенных для одноэтажного здания, а встроенные перекрытия можно демонтировать, не нарушая целостности и устойчивости здания (в многоэтажном здании убрать перекрытия нельзя). Встроенные пере-

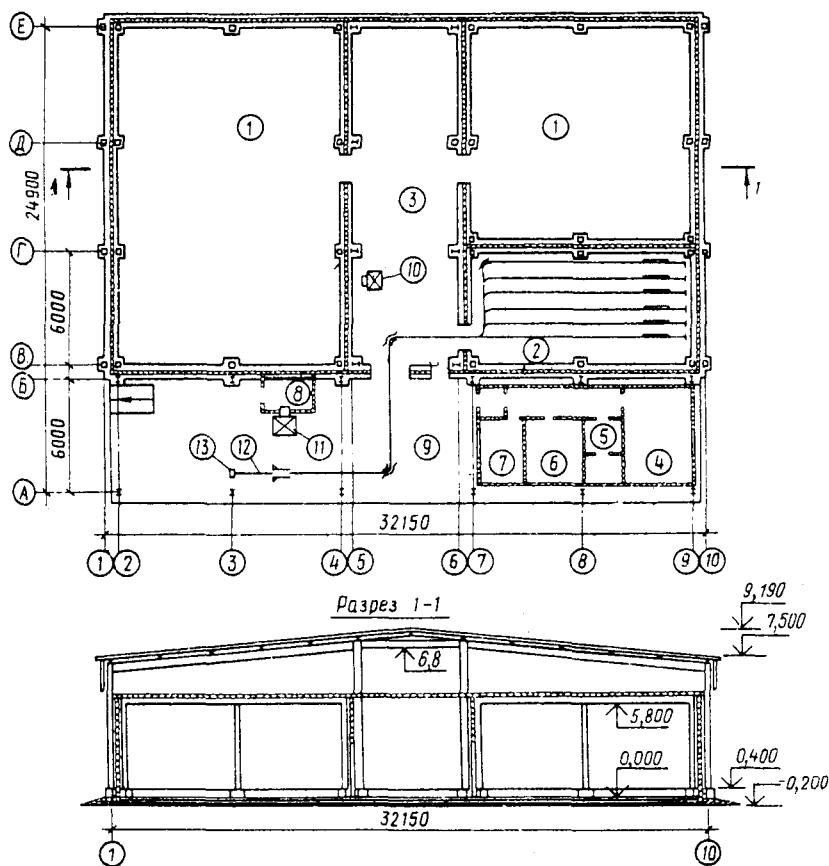


Рис. 31. План размещения технологического оборудования главного производственного корпуса холодильника из легких металлических конструкций емкостью 500 т единовременного хранения:

1 — камера хранения мороженой продукции ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ), ( $F = 383,1 \text{ м}^2$ ); 2 — универсальная камера ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ), ( $F = 83,2 \text{ м}^2$ ); 3 — коридор ( $F = 111,6 \text{ м}^2$ ); 4 — помещение для обогрева ( $F = 21,3 \text{ м}^2$ ); 5 — санузел ( $F = 5,2 \text{ м}^2$ ); 9 — автомобильная рампа ( $F = 139,3 \text{ м}^2$ ); 10 — платформенные шкальные весы; 11 — вагонеточные стационарные весы; 12 — стрелка для подачи и спуска полутуш на троллеях; 13 — электрическая передвижная таль грузоподъемностью 250 кг

крытия могут быть использованы как технологические обслуживающие площадки для размещения оборудования.

Строительные конструкции и изделия из алюминиевых сплавов получают широкое распространение благодаря ряду их положительных

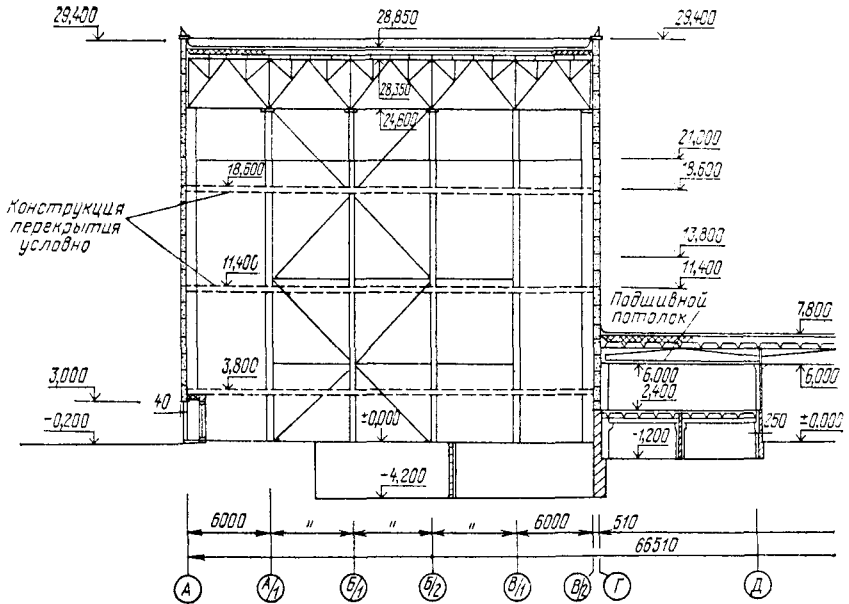


Рис. 32. Металлический каркас цеха стужения и сушки молока Степногорского завода сухого цельного молока

свойств: они в 2,8 раза легче стальных конструкций при почти одинаковой прочности и более высокой коррозионной стойкости и долговечности.

Комплектно-блочный метод строительства наряду с широким внедрением в строительство легких материалов и конструкций дал существенное повышение индустриализации и сокращение сроков строительства. Он заключается в том, что необходимое технологическое оборудование и строительные конструкции в виде изделий полной заводской готовности агрегируются в строительно-технологические блоки на сборно-комплектовочных предприятиях, а затем их перевозят к месту монтажа.

Применение комплектно-блочного монтажа возможно и в отдельных производствах молочной промышленности. На рис. 33 представлены план и разрез сырохранилища из легких металлических конструкций на 1000 т единовременного хранения сыра. Размеры здания в плане  $60 \times 74$  м, где размещены отопляемые цехи и охлаждаемые камеры хранения сыра и масла. Высота до низа конструкций покрытия 4,7 м. В качестве ограждающих конструкций стен использованы трехслойные панели типа «сэндвич», а покрытия — монопанели.

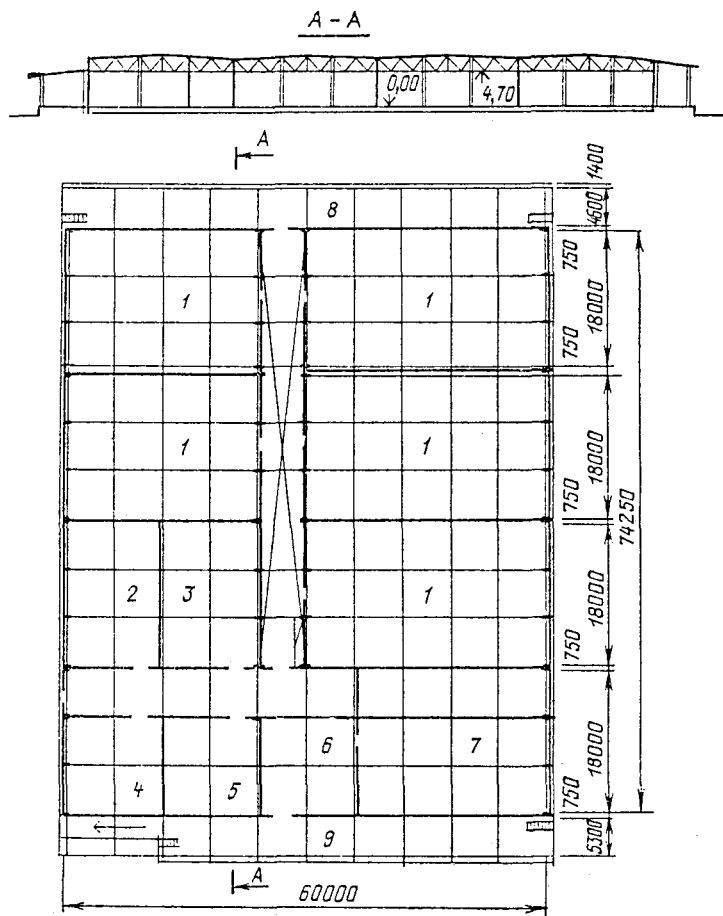


Рис. 33. Схема плана сырохранилища на 1000т единовременного хранения (легкие металлические конструкции):

1 — камера хранения сыра ( $t = 10^{\circ}\text{C}$ ); 2 — камера хранения масла ( $t = 18^{\circ}\text{C}$ ); 3 — камера хранения сыра в ящиках ( $t = 5^{\circ}\text{C}$ ); 4 — помещение подготовки тары; 5 — цех упаковывания сыра в пленку; 6 — цех присмки и отгрузки продукции; 7 — цех фасования и упаковывания сыра; 8 — железнодорожная платформа; 9 — автомобильная платформа

## § 1. Процесс передачи тепла через конструкции зданий

Воздушная среда производственных помещений предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности подвержена различным изменениям: охлаждению, нагреванию, загрязнению газами, парами, пылью и неприятными запахами.

Потери тепла в зданиях происходят через все ограждающие конструкции зданий — наружные и внутренние стены, перекрытия, покрытия, полы, окна, фонари, двери, ворота. Кроме того, помещения охлаждаются холодным наружным воздухом, проникающим через открываемые ворота, двери, окна, технологические проемы, неплотности в ограждающих конструкциях (в том числе в результате инфильтрации).

Для искусственного поддержания температуры воздуха в помещении осуществляют отопление помещения приборами различных конструкций. При этом необходимо предусмотреть использование тепла, выделяемого технологическим оборудованием, сырьем и другими источниками.

При теплопередаче через ограждающие конструкции происходят следующие процессы: восприятие тепла воздуха помещения внутренней поверхностью ограждающих конструкций; передача тепла через материал ограждающей конструкции от внутренней поверхности к наружной; отдача тепла наружной поверхностью ограждающей конструкции в атмосферу.

Изменение температур, соответствующее этим явлениям в ограждающих конструкциях из однородных материалов, представлено на рис. 34.

**Восприятие тепла.** Тепло воздуха помещения, имеющего температуру  $t_a$ , воспринимается более холодной поверхностью стены с

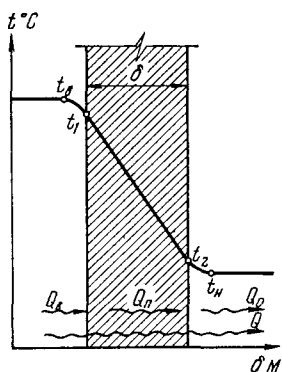


Рис. 34. Кривая, характеризующая изменение температуры в однородных ограждающих конструкциях

температурой  $t_1$  (конвективный теплообмен). Процесс восприятия тепла характеризуется криволинейным отрезком  $t_b-t_1$ . Мощность теплового потока  $Q_b$  (Вт) можно определить по формуле

$$Q_b = \alpha_b F(t_b - t_1), \quad (1)$$

где  $\alpha_b$  — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $F$  — площадь поверхности конструкции, м<sup>2</sup>.

Коэффициент  $\alpha_b$  характеризует мощность теплового потока, воспринимаемого 1 м<sup>2</sup> поверхности ограждающей конструкции при разности температур между воздухом помещения и поверхностью ограждения, равной 1 °С.

**Передача тепла через материал ограждающей конструкции.** Мощность теплового потока  $Q_n$  (Вт), передаваемого через толщину ограждающей конструкции от внутренней поверхности с температурой  $t_1$  к наружной поверхности с температурой  $t_2$ , можно определить по формуле

$$Q_n = \frac{\lambda}{\delta} F(t_1 - t_2), \quad (2)$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности материала ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $\delta$  — толщина ограждающей конструкции, м.

Коэффициент теплопроводности  $\lambda$  характеризует мощность теплового потока, проходящего через 1 м однородной ограждающей конструкции при разности температур  $t_1 - t_2$ , равной 1 °С.

Если ограждение состоит из нескольких слоев  $n$  разных материалов (например, стены холодильников), уравнение (2) примет вид

$$Q_n = \left( \frac{\lambda_1}{\delta_1} + \frac{\lambda_2}{\delta_2} + \dots + \frac{\lambda_n}{\delta_n} \right) \cdot (t_1 - t_2) F. \quad (3)$$

Изменение температур, соответствующее процессу теплопередачи, выразится прямолинейным отрезком  $t_1-t_2$ .

**Теплопередача.** Количество тепла  $Q_o$ , отдаваемое наружной поверхностью стены с температурой  $t_2$  атмосферному воздуху с температурой  $t_n$ , равно

$$Q_o = \alpha_n F(t_2 - t_n), \quad (4)$$

где  $\alpha_n$  — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Падение температур, соответствующее процессу теплоотдачи, графически изображается криволинейным отрезком  $t_2 - t_n$ .

Отдача тепла так же, как и процесс восприятия тепла, осуществляется главным образом конвекцией.

При установившемся процессе потерь тепла через ограждающую конструкцию можно считать, что  $Q_b = Q_n = Q_h = Q$ , тогда

$$Q = KF(t_b - t_n), \quad (5)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_n}}, \quad (6)$$

где  $Q$  — мощность теплового потока, проходящего через ограждающую конструкцию, Вт;  $K$  — коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Коэффициент теплопередачи  $K$  равен мощности теплового потока, который проходит через 1 м<sup>2</sup> ограждающей конструкции, имеющей толщину  $\delta$  и теплопроводность материала  $\lambda$ , при разности температур  $t_b - t_n$ , равной 1 °С.

Для многослойных ограждающих конструкций

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_b} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}}. \quad (7)$$

## §2. Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций

Надежность и эффективность работы санитарно-технических систем и, в частности, систем отопления во многом зависит от теплотехнических характеристик ограждающих конструкций отапливаемых зданий, которые нормируются СНИП 23-02—2003. К ним относят сопротивление конструкции прохождению через нее тепла (сопротивление теплопередаче и термическое сопротивление), массивность, тепловую инерцию и теплоустойчивость конструкций.

В строительной теплотехнике при расчете толщины ограждающих конструкций и определении тепловых потерь зданий используют ве-



личину  $R_0$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ), обратную коэффициенту теплопередачи  $K$ . Эту величину называют *сопротивлением теплопередаче* ограждающей конструкции. Она характеризует тепловой напор (разность температур) между внутренним и наружным воздухом, при котором  $1 \text{ м}^2$  ограждающей конструкции толщиной  $\delta$  и теплопроводностью  $\lambda$  пропускает тепловой поток мощностью  $1 \text{ Вт}$ .

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции (термическое сопротивление) равно

$$R_0 = \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (8)$$

Термические сопротивления отдельных слоев ограждающих конструкций  $R_1, R_2, \dots, R_n$  (в  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ) в общем виде определяют по формуле

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (9)$$

где  $\delta$  — толщина отдельного слоя, м;  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности материала слоя  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ .

Чем больше термосопротивление ограждения, тем меньше тепловые потери и выше температура на внутренней поверхности ограждения. При этом уменьшается вероятность конденсации водяных паров, содержащихся в атмосфере помещения, на поверхности ограждения.

При установившемся тепловом потоке справедливо равенство  $Q_{\text{в}} = Q$ .

Требуемое сопротивление теплопередаче  $R_0^{\text{тп}}$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ) ограждающей конструкции, при котором конденсация водяных паров не возникает:

$$R_0^{\text{тп}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})nb}{\Delta t^{\text{н}} \alpha_{\text{в}}}, \quad (10)$$

где  $t_{\text{в}}$  и  $t_{\text{н}}$  — расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха;  $b$  — коэффициент, зависящий от качества и объемной массы тепловой изоляции (при теплоизоляции из материалов с объемной массой менее  $400 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $b = 1,1$ ; при теплоизоляции, подверженной уплотнению, независимо от ее объемной массы,  $b = 1,2$ );  $n$  — температурный коэффициент.

Значения коэффициента  $n$  для различных ограждений приведены ниже:

Наружные стены и покрытия, перекрытия чердачные и над проездами; перекрытия над холодными подпольями . . . . .	1
Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов) . . . . .	0,9
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах . . . . .	0,6

Величина  $\Delta t^{\text{н}} = t_{\text{в}} - t_1$  нормируется по СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» (см. табл. 1).

Таблица 1

### Нормируемый температурный перепад $\Delta t^{\text{н}}$ , °С

Здания и помещения	Для наружных стен	Для покрытий и чердачных перекрытий
Производственные здания с сухим (влажность внутреннего воздуха до 50 %) и нормальным (влажность св. 50 до 60 %) режимами	$t_{\text{в}} - t_{\text{р}}$ , но не более 7	0,8 ( $t_{\text{в}} - t_{\text{р}}$ ), но не более 6
Производственные здания, а также помещения общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий с влажным (влажность св. 60 до 75 %) или мокрым (влажность св. 75 %) режимами	$t_{\text{в}} - t_{\text{р}}$	0,8 ( $t_{\text{в}} - t_{\text{р}}$ )

Примечание.  $t_{\text{в}}$  — температура внутреннего воздуха, °С;  $t_{\text{р}}$  — температура точки росы внутреннего воздуха, °С.

Для определения температуры точки росы  $t_{\text{р}}$  необходимо найти действительную упругость (парциальное давление) воздушных паров  $e_{\text{в}}$  (Па) в помещении, соответствующую температуре  $t_{\text{в}}$  и относительной влажности  $\varphi_{\text{в}}$ :

$$e_{\text{в}} = \frac{E\varphi_{\text{в}}}{100}, \quad (11)$$

где  $E$  — максимальная упругость водяного пара в воздухе помещений при температуре  $t_{\text{в}}$ , Па;  $\varphi_{\text{в}}$  — относительная влажность воздуха помещения при температуре  $t_{\text{в}}$ , %.

О массивности ограждающих конструкций судят по характеристике их тепловой инерции  $D$ . При  $D \leq 4$  ограждающие конструкции считаются «легкими»; при  $4 \leq D \leq 7$  — «средней массивности», при  $D > 7$  — «массивными».

Характеристику тепловой инерции определяют по формуле

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_n S_n,$$

где  $S_1, S_2, \dots, S_n$  — коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C) (см. СНиП 23-02–2003, прил. 1, с. 320).

От массивности зависит расчетная температура наружного воздуха холодного периода года и теплоустойчивость конструкций.

Для «массивных» ограждений  $t_n$  принимают равной средней температуре самой холодной пятидневки; для «легких» — средней температуре между температурами самой холодной пятидневки и наиболее холодных суток; для ограждения «средней массивности» — средней из указанных выше двух температур.

Теплоустойчивость представляет собой свойство ограждающих конструкций «гасить» колебание температур наружного воздуха. Чем больше тепловая инерция  $D$ , тем меньше амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности конструкции.

Требуемую толщину теплоизоляционного слоя (утеплителя)  $\delta_{из}$  (в м) определяют по формуле

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot [R_0^{тп} - (R_b + \sum R_i + R_{и})], \quad (12)$$

где  $\lambda_{из}$  — коэффициент теплопроводности изоляционного материала, Вт/(м·°C);  $R_0^{тп}$  — требуемое минимально допустимое сопротивление теплопередаче конструкции, м<sup>2</sup>·°C/Вт;  $R_b$  и  $R_{и}$  — сопротивления теплопередаче внутренней и наружной поверхностей конструкции, м<sup>2</sup>·°C/Вт (см. СНиП 23-02–2003);  $\sum R_i$  — сумма термических (тепловых) сопротивлений всех слоев конструкции, за исключением определяемого теплоизоляционного слоя, м<sup>2</sup>·°C/Вт.

### §3. Определение потерь тепла зданиями

Для расчета систем отопления и подбора оборудования необходимо определить тепловые потери здания через строительные конструкции (стены, окна, ворота, двери и пр.), а также производственные и технологические тепловыделения. Потери тепла определяют как сумму теплотерь через каждую ограждающую конструкцию

$$Q_{т.п} = \frac{Fn(t_b - t_1)}{R_0}. \quad (13)$$

При вычислении площади поверхности ограждающих конструкций  $F$  линейные размеры определяют по строительным чертежам.

Для поддержания температуры воздуха в помещении на данном уровне должно соблюдаться равенство  $Q_{от} + Q_{т.в} = Q_{т.п}$ , которое выражает тепловой баланс помещения. Отсюда можно определить мощность нагревательных приборов отопления  $Q_{от} = Q_{т.п} - Q_{т.в}$ . За счет использования тепловыделений оборудования  $Q_{т.в}$  можно уменьшить расходы на отопление. При этом тепловыделения могут превышать тепловые потери или быть равными им. В этом случае предусматривают дежурное отопление для поддержания в помещении температуры воздуха на уровне  $5^\circ\text{C}$ , которое будет работать только в период остановки оборудования, выделяющего теплоту, если это необходимо и допустимо по условиям технологии и эксплуатации.

В некоторых случаях (при разработке задания на проектирование, технико-экономическом обосновании целесообразности для предприятия постройки собственной котельной или использования ТЭЦ, при определении годового расхода топлива на отопление и т. п.) пользуются укрупненным показателем тепловых потерь — удельной тепловой характеристикой зданий  $q$  [в  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ ]:

$$q = \frac{Q_{т.п}}{V(t_{в} - t_{н})}, \quad (14)$$

где  $V$  — объем здания по наружным размерам,  $\text{м}^3$ .

*Удельной тепловой характеристикой* называют мощность теплового потока, которую теряет  $1 \text{ м}^3$  здания при разности температур  $t_{в} - t_{н} = 1^\circ\text{C}$ .

Чем больше кубатура здания, тем меньше удельная тепловая характеристика. На основании опыта проектирования и эксплуатации отопительных систем принимают  $q$ , равной: для предприятий молочной промышленности  $0,41 \dots 0,52 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ , для предприятий мясной промышленности  $0,23 \dots 0,35 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ ; меньшая величина  $q$  для предприятий мясной промышленности объясняется большими размерами зданий и значительными тепловыделениями оборудования и сырья.

Пользуясь значениями удельной тепловой характеристики, можно приближенно определить тепловые потери всего здания:

$$Q_{т.п} = qV(t_{в} - t_{н}). \quad (15)$$

Если расчетные температуры воздуха в отдельных помещениях различны, то в формулу подставляют значение, характерное для большинства помещений.

Расчетная температура наружного воздуха  $t_n$  зависит от географического расположения здания. Ее принимают равной средней температуре самой холодной пятидневки.

## §4. Пример теплотехнического расчета ограждающих конструкций

**Исходные данные.** Городской молочный завод проектируется в г. Казани; расчетные температуры наружного и внутреннего воздуха: средняя наиболее холодной пятидневки  $t_n^n = -32^\circ\text{C}$ , наиболее холодных суток  $t_n^c = -36^\circ\text{C}$ , воздуха в помещении  $t_b = 16^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_b = 60\%$ ; стеновой материал — кладка из сплошного керамического кирпича на цементно-песчаном растворе с внутренней штукатуркой из того же раствора толщиной 15 мм. Утеплитель покрытия (теплоизоляция) — плиты жесткие из минеральной ваты.

**Решение.** 1. *Расчет толщины наружной стены.* Предварительно принимаем кладку в два кирпича — 510 мм. В прил. 1, с. 320 находим, что такая конструкция средней массивности, следовательно, расчетная температура наружного воздуха равна средней из температур  $t_n^n$  и  $t_n^c$ , т. е.  $-34^\circ\text{C}$ ,  $\Delta t^n = 7$  (см. табл. 1, с. 132).

По формуле (10) находим требуемое минимально допустимое сопротивление теплопередаче стены:

$$R_o^{TP} = \frac{nb(t_b - t_n)}{\Delta t^n} R_b = \frac{1 \cdot 1 \cdot (16 + 34)}{7} \cdot 0,116 = 0,829 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Проверим соответствие действительного сопротивления теплопередаче наружной стены этому значению  $R_o^{TP}$  (значения коэффициентов приведены в прил. 2, с. 320):

$$\begin{aligned} R_o &= R_b + R_{шт} + R_{кл} + R_n = R_b + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{\delta_{кл}}{\lambda_{кл}} + R_n = \\ &= 0,116 + \frac{0,015}{0,58} + \frac{0,51}{0,56} + 0,043 = 1,095 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \end{aligned}$$

что больше  $R_0^{\text{тп}}$  на 24%, т. е. стена отвечает теплотехническим требованиям — конденсации водяных паров на ее внутренней поверхности не будет.

2. *Расчет толщины слоя теплоизоляции покрытия.* В прил. 1, с. 320 находим, что бесчердачные покрытия относятся к легким конструкциям, и поэтому в качестве расчетной зимней температуры наружного воздуха принимаем среднюю температуру наиболее холодных суток  $t_{\text{н}}^{\text{с}} = -36^{\circ}\text{C}$ .

Нормируемый температурный перепад для покрытия  $\Delta t^{\text{н}} = 6^{\circ}\text{C}$ . Сопротивление теплопереходу у внутренней поверхности покрытия  $R_3 = 0,116 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ,  $n = 1$ ,  $b = 1,2$ . По формуле (10) находим

$$R_0^{\text{тп}} = [1 (16 + 36) \cdot 1,2] \cdot 0,116 / 6 \approx 1,2 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт},$$

толщину теплоизоляционного слоя по формуле (12):

$$\delta_{\text{из}} = 0,087 \cdot [1,2 - (0,116 + 0,13 + 0,043)] \approx 0,093 \text{ м} \approx 93 \text{ мм}.$$

$$\begin{aligned} \sum R_i &= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = \\ &= 0,035 + 0,029 + 0,011 + 0,02 + 0,035 \approx 0,13 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}. \end{aligned}$$

Сопротивление рулонной кровли в четыре слоя рубероида (6 мм)

$$R_1 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,006}{0,17} = 0,035 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}.$$

Сопротивление армированной стяжки (50 мм)

$$R_2 = \frac{0,05}{1,69} = 0,029 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}.$$

Сопротивление гидроизоляции (один слой пергамина; 2,0 мм)

$$R_3 = \frac{0,002}{0,17} = 0,011 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}.$$

Сопротивление пароизоляции (один слой рубероида на битумной мастике; 3 мм)

$$R_4 = \frac{0,003}{0,12} = 0,02 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}.$$

Сопротивление железобетонной плиты покрытия (60 мм)

$$R_5 = \frac{0,06}{1,69} = 0,035 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Плиты жесткие минераловатные выпускаются толщиной 40, 50 и 60 мм.

Принимаем толщину слоя утеплителя 100 мм (два слоя плит по 50 мм), его термическое сопротивление составит

$$R_y = \frac{\delta_y}{\lambda_y} = \frac{0,1}{0,087} = 1,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Тогда  $R_o = R_b + \sum R_i + R_n = 0,116 + 1,28 + 0,043 = 1,439 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$  Это больше  $R_o^{\text{тп}}$  на 17 %, следовательно, на внутренней поверхности покрытия образования конденсата не будет.

## §5. Классификация систем отопления

Системы отопления предназначены для восполнения тепловых потерь здания в холодный период года. Их разделяют на местные и центральные системы отопления.

Система отопления называется *местной*, если источник тепла, теплопроводы и греющие поверхности скомпонованы в одно целое и расположены в отапливаемом помещении. Местные системы представляют собой печи различной конструкции, работающие на твердом, жидком и газообразном топливе.

К местным системам относят имеющее широкие перспективы электрическое отопление. Регулировка теплоотдачи электрических отопительных приборов простая и надежная. Требуемую температуру в помещениях можно поддерживать автоматически. Однако стоимость единицы тепла, полученного в результате преобразования электрической энергии в тепловую, в несколько раз выше, чем стоимость единицы тепла, выработанного в котельных установках. Поэтому электрическое отопление в настоящее время находит ограниченное применение и может быть использовано только при соответствующем техникоэкономическом обосновании.

*Центральными* называются системы отопления, в которых источник тепла (котельная) расположен за пределами отапливаемых помещений, а теплоноситель подается к специальным нагревательным приборам, расположенным в помещении, по системе трубопроводов.

В качестве теплоносителя в центральной системе отопления используют горячую воду, пар или воздух, которые безопасны в санитарно-гигиеническом отношении, не дефицитны и обладают высокой подвижностью. В зависимости от вида теплоносителя различают водяные, паровые или воздушные центральные системы отопления. Кроме того, могут быть комбинированные, панельные и лучистые системы отопления.

## § 6. Конструктивные схемы систем отопления

**Водяные системы отопления.** Теплоноситель (вода), применяемый в этих системах, безвреден и позволяет легко регулировать температуру воздуха в отапливаемых помещениях. Температуру воды, циркулирующей в системе, изменяют в зависимости от температуры наружного воздуха (чем выше температура наружного воздуха, тем ниже температура циркулирующей в системе воды).

Системы различают по типу циркуляции воды в них (гравитационные и насосные), по схеме расположения разводящих трубопроводов (с нижней и верхней разводкой), по способу присоединения нагревательных приборов (двухтрубные и однотрубные).

Гравитационные системы (с естественной циркуляцией воды) используют только для отопления небольших зданий с протяженностью трубопроводов не более 200 м. Объясняется это наличием незначительного напора для преодоления гидравлических сопротивлений в трубопроводах. При большей протяженности трубопроводов применяют насосные системы (с механической циркуляцией), радиус действия которых неограничен.

Принципиальная схема двухтрубной системы с естественным побуждением показана на рис. 35, а.

Нагретая в котле или бойлере вода поступает в главный стояк, затем в верхнюю разводящую магистраль, в присоединенные к ней горячие стояки, откуда по горячей подводке поступает в отопительные приборы. Здесь вода охлаждается, отдавая свою теплоту через стенки



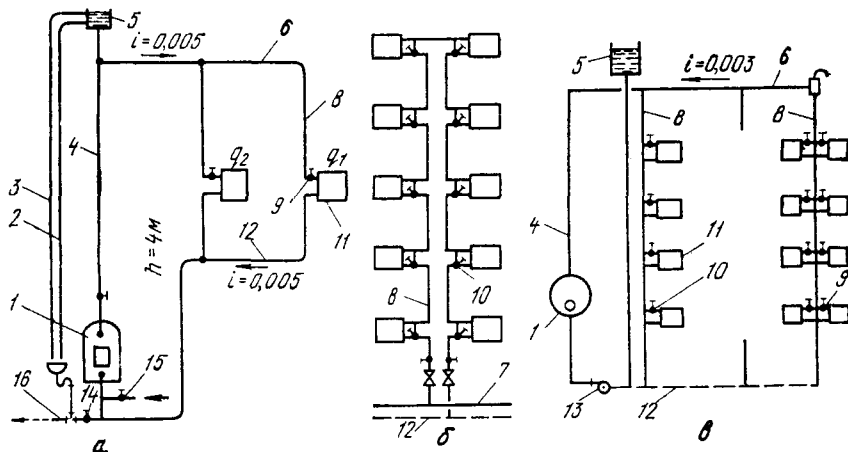


Рис. 35. Принципиальная схема системы водяного отопления:

*a* — двухтрубная система с естественным побуждением и верхней разводкой; *б* — однотрубная система с механическим побуждением и нижней разводкой при расположении стояков у оконных проемов и односторонним присоединением нагревательных приборов; *в* — однотрубная система с насосным побуждением и верхней разводкой;

1 — водогрейный котел или бойлер; 2 — контрольная трубка; 3 — переливная трубка; 4 — главный стояк; 5 — расширительный бак; 6 — верхняя подающая магистраль; 7 — нижняя подающая магистраль; 8 — распределительный стояк; 9 — регулирующий кран; 10 — трехходовой кран; 11 — нагревательный прибор; 12 — обратная магистраль; 13 — насос; 14 — спускной кран; 15 — водопровод; 16 — канализация

приборов воздуху помещения, и далее по обратной подводке, обратному стояку и обратной магистрали возвращается в котел или бойлер.

Циркуляционное давление  $p_{ц}$  (Па) в системе обусловлено разностью между удельными весами охлажденной в приборе воды, заполнившей обратные трубопроводы, и горячей воды в котле и главном стояке:

$$p_{ц} = h_1(\gamma_0 - \gamma_1), \quad (16)$$

где  $h_1$  — расстояние по вертикали от оси котла до оси нагревательного прибора, м;  $\gamma_0$  — удельный вес охлажденной воды (после отопительного прибора),  $\text{Н/м}^3$ ;  $\gamma_1$  — удельный вес горячей воды, поступающей в главный стояк из котла,  $\text{Н/м}^3$ .

Из формулы (16) видно, что с увеличением расстояния между осями котла и нагревательного прибора увеличивается естественный циркуляционный напор, поэтому целесообразно размещать котел в подвальном помещении. Если такая система отопления будет присоединена к централизованному теплоснабжению через водо-водяной

или паро-водяной бойлер, то сказанное о заглиблении котла будет справедливо и для бойлера.

Чтобы избежать образования воздушных «пробок» в отдельных участках системы, горячую магистраль прокладывают с уклоном в сторону расширительного сосуда. Подводку к нагревательным приборам в этом случае осуществляют в сторону подающих стояков. Это способствует выходу воздуха из системы (при первоначальном заполнении ее водой и в процессе эксплуатации) в расширительный сосуд, а оттуда в атмосферу. Уклоны позволяют полностью опорожнить систему при ремонте и промыть ее перед началом отопительного сезона.

Расширительный сосуд представляет собой металлический бак, сообщающийся с атмосферным воздухом и с магистралью системы. Его устанавливают в самой высокой точке системы для выхода воздуха, компенсации теплового расширения воды (увеличение объема при нагревании), а также для частичного восполнения утечек воды и распределения давления в системе.

Преимуществами системы водяного отопления с естественной циркуляцией перед системой с механической циркуляцией являются бесшумность ее работы вследствие малой скорости движения воды в системе (0,1...0,3 м/с) и отсутствие насоса; недостатками — применение труб большого диаметра и заглибление котла или бойлера.

Водяные системы отопления с механической циркуляцией показаны на рис. 35, б, в. Их выполняют по однотрубной схеме с верхней разводкой.

Между прямыми и обратными подводками к приборам имеются смещенные от стояков замыкающие участки, по которым вода может проходить, минуя приборы. Поступление воды в приборы и в замыкающие участки регулируется трехходовыми кранами.

При однотрубной схеме обратные стояки отсутствуют, вода из горячего стояка поступает в отопительный прибор, охлаждается в нем и по выходе опять поступает в тот же стояк. Поэтому в отопительные приборы расположенных ниже этажей вода будет поступать с более низкой температурой. Чтобы компенсировать ее охлаждение, приборы на нижних этажах должны иметь большую поверхность, чем на верхних.

Для устройства системы по однотрубной схеме требуется меньшее количество труб, чем для двухтрубной, и следовательно, однотрубные системы устанавливают в многоэтажных зданиях.

Принцип действия насосной системы такой же, что и гравитационной, добавляется только дополнительный побудитель в виде насоса. Циркуляционный насос ставят на обратной магистрали между котлом

или бойлером и местом присоединения к ней расширительного сосуда. Насос предназначен для преодоления гидравлических сопротивлений в системе, поэтому развиваемое им давление сравнительно невелико (10...30 кПа), оно определяется следующим расчетом.

Находят расчетное количество воды  $g$ , которое должно поступать в каждый отопительный прибор в соответствии с его теплоотдачей:

$$g = \frac{Q_{\text{пр}}}{t_r - t_o}, \quad (17)$$

где  $Q_{\text{пр}}$  — теплоотдача прибора, Вт;  $t_r$  — температура горячей воды, поступающей в прибор, °С;  $t_o$  — температура охлажденной воды, выходящей из прибора, °С.

Затем определяют количество воды, проходящее через каждый участок системы, и подбирают диаметры для наиболее неблагоприятного кольца схемы, исходя из допустимых скоростей движения воды по условию образования шума.

После этого рассчитывают потери давления на трение  $R$  (в Па) по принятым диаметрам трубопроводов:

$$R = \frac{\lambda \gamma V^2}{2gd}$$

и в местных сопротивлениях  $z$  (в Па) по скоростям движения воды:

$$z = \frac{\sum \xi \gamma V^2}{2g}, \quad (18)$$

где  $\lambda$  — коэффициент трения;  $\gamma$  — удельный вес воды, Н/м<sup>3</sup>;  $V$  — скорость движения воды, м/с;  $g$  — ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  $d$  — диаметр трубопровода, м;  $\sum \xi$  — сумма коэффициентов местных сопротивлений.

При этом для уменьшения шума при работе системы расчетная скорость движения воды в трубопроводах, прокладываемых в производственных зданиях, не должна превышать 3 м/с, а во вспомогательных зданиях и помещениях предприятий — 2 м/с.

Создаваемое насосом давление  $p$  (Па) должно быть равно или на 10...15 % больше суммы потерь давления в системе:

$$p_{\text{н}} \geq \sum (Rl + z), \quad (19)$$

где  $R$  — потери давления на трение 1 м трубы;  $l$  — длина участков труб, м;  $z$  — потери давления в местных сопротивлениях, Па.

Для подбора насоса, кроме давления, необходимо знать его производительность  $W$ , она прямо пропорциональна тепловой мощности отопительной системы и обратно пропорциональна теплоемкости воды и разности ее температур до и после нагревательного прибора:

$$W = \frac{k Q_{\text{от}}}{c(t_r - t_o)}, \quad (20)$$

где  $Q_{\text{от}}$  — тепловая мощность системы, Вт;  $c$  — удельная теплоемкость воды при среднем значении ее температуры в отопительном приборе, кДж/(кг·°С);  $k$  — коэффициент запаса, учитывающий изменения температуры в системе и погрешности в расчете (принимаемый равным 1,1...1,2).

**Паровые системы отопления.** Паровые системы отопления бывают низкого давления (от 50 до 70 кПа) и высокого давления (более 70 кПа), с верхней и нижней разводкой, одно-, двухтрубные, с самотечным возвратом конденсата (замкнутая линия) и с перекачкой его насосом (разомкнутая система).

Замкнутую систему применяют только при размещении котла ниже отопительных приборов. Для облегчения стока конденсата по конденсационной линии ее прокладывают с уклоном не менее 0,003. Для обеспечения стока попутного конденсата, образующегося вследствие охлаждения паропровода, разводящий паропровод также прокладывают с уклоном в сторону движения пара.

В разомкнутой системе отопления пар из котла поступает в главный стояк, в магистральный трубопровод, паровые стояки и далее по ответвлениям в нагревательные приборы, где он охлаждается, отдавая свою скрытую теплоту парообразования через стенки прибора воздуху помещения, и конденсируется.

Конденсат из приборов по конденсационной линии через конденсатоотводчик (конденсационный горшок) отводится в конденсаторный бак, откуда его перекачивают насосом в котел.

Чаще применяют системы низкого давления с верхней разводкой, двухтрубные с насосной перекачкой конденсата (при обслуживании нескольких зданий одной котельной).

Паровые системы высокого давления работают по тому же принципу, что и системы низкого давления.

Применение паровых систем отопления ограничено вследствие многих недостатков. Отсутствует возможность качественного регулирования параметров теплоносителя. Пыль, оседающая на поверхности приборов, пригорает с выделением окиси углерода. Системы под-

вержены интенсивной коррозии (особенно конденсатопровода), а в трубопроводах бывают гидравлические удары и шум.

Преимуществами паровых систем по сравнению с водяными являются меньшие диаметры трубопроводов за счет высокого теплосодержания пара (1 кг пара при конденсации отдает примерно 2,26 кДж, а 1 кг воды при охлаждении с 95 до 70 °С — 0,105 кДж), простота устройства и небольшая стоимость монтажа системы.

Положительные свойства паровых и водяных систем хорошо сочетаются в комбинированных системах отопления.

**Воздушные системы отопления.** Эти системы нашли широкое применение благодаря возможности совмещать отопление помещения с вентиляцией, а также малой металлоемкости. Малая тепловая инерционность системы позволяет отключать ее в нерабочие смены, а затем к началу рабочей смены быстро получать требуемую температуру. В отапливаемые помещения подают воздух температурой 45...70 °С (45 °С — при выпуске воздуха в помещение на высоте около 3,5 м над уровнем пола, 70 °С — при подаче на большей высоте). Воздушные системы могут работать в трех режимах: рециркуляционном, совмещенном с приточной вентиляцией и комбинированном.

*В рециркуляционном режиме* воздух после подогрева поступает в помещение и после охлаждения за счет теплопотерь помещения снова возвращается в воздухонагреватель (отверстие для притока наружного воздуха полностью закрыто). Количество воздуха, необходимое для отопления помещения,  $G_{\text{возд}}$  (в кг/ч) определяют по формуле

$$G_{\text{возд}} = \frac{Q_{\text{от}}}{c(t_{\text{пр}} - t_{\text{в}})}, \quad (21)$$

где  $Q_{\text{от}}$  — тепловая мощность системы, Вт;  $c$  — удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);  $t_{\text{пр}}$  — температура приточного воздуха, °С;  $t_{\text{в}}$  — температура воздуха помещения, °С.

В режиме, *совмещенном с приточной вентиляцией*, отверстие для поступления наружного воздуха полностью открыто, и через него в калорифер, а из калорифера в помещение поступает воздух. Температура приточного воздуха  $t_{\text{пр}}$  (в °С) равна:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} + \frac{Q_{\text{от}}}{cL_{\text{вент}}}, \quad (22)$$

где  $L_{\text{вент}}$  — расход воздуха, необходимый по условию вентиляции, м<sup>3</sup>/ч (см. гл. 5).

В *комбинированном режиме* к наружному воздуху подмешивается теплый воздух из помещения. Расход подмешиваемого воздуха  $L_{\text{подм}}$  (в м<sup>3</sup>/ч) можно определить, если ввести в расчет коэффициент подмешивания  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{L_{\text{подм}}}{L_{\text{нар}}},$$

откуда

$$L_{\text{подм}} = \alpha L_{\text{нар}}.$$

Коэффициент подмешивания можно выразить через расчетные температуры воздуха:

$$\alpha = \frac{t_{\text{нв}} - t_{\text{пр}}}{t_{\text{пр}} - t_{\text{в}}}, \quad (23)$$

где  $t_{\text{нв}}$  — расчетная наружная температура воздуха по вентиляции, °С.

Принципиальная схема системы воздушного и вентиляционно-отопительного агрегата показана на рис. 36.

**Панельные системы отопления.** Источниками теплоизлучений служат поверхности ограждающих конструкций (панелей), в которые заделывают стальные трубы диаметром 25 мм. Они расположены на расстоянии около 20 мм от внутренних поверхностей конструкций. По трубам проходит горячая вода, служащая теплоносителем. Такие панели можно располагать горизонтально в перекрытиях и вертикально в виде наружных стеновых панелей. Особенно целесообразно располагать нагревательные элементы из труб в подоконной части панелей (рис. 37).

В этом случае, кроме лучистой передачи тепла, будет создаваться конвективный восходящий поток теплого воздуха, который будет нейтрализовать ниспадающий поток холодного воздуха от окна. В подоконных панелях за нагревательными элементами укладывают теплоизоляцию для уменьшения передачи от них тепла наружному воздуху.

Достоинства панельного отопления состоят в том, что оно не загромождает помещения нагревательными приборами, так как на вертикальных стеновых и горизонтальных потолочных панелях оседает минимальное количество пыли, и она легко удаляется, что исключает ее подгорание; улучшаются эстетические и санитарно-гигиенические

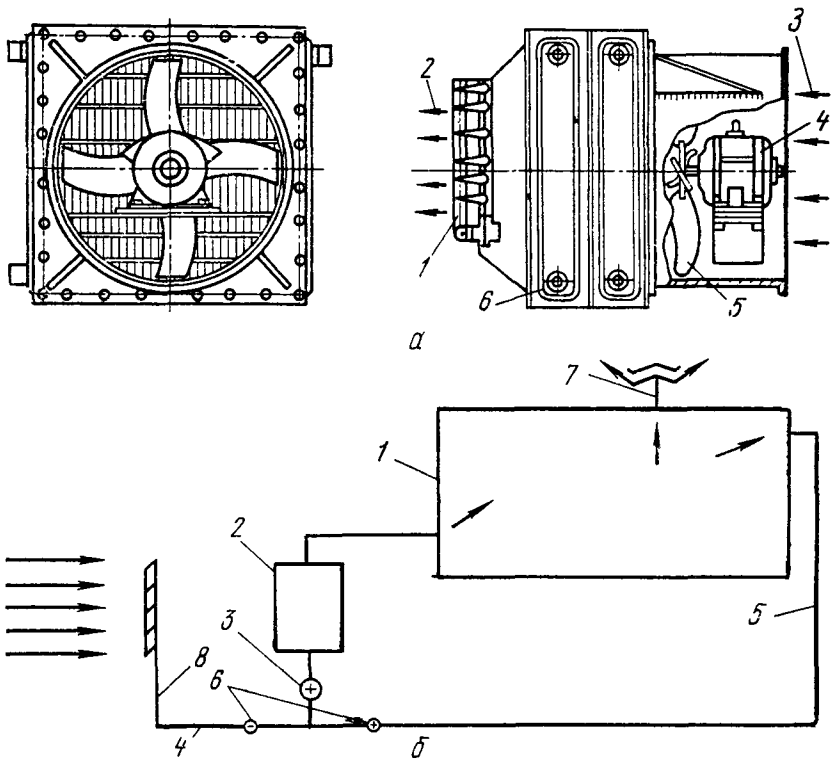


Рис. 36. Воздушное отопление:

*а* — схема воздушно-отопительного агрегата: 1 — подвижная решетка для направления потока воздуха; 2 — выход теплого воздуха; 3 — вход воздуха; 4 — электродвигатель; 5 — вентилятор; 6 — calorifier; 6 — принципиальная схема воздушного отопления с механическим побуждением: 1 — отапливаемое помещение; 2 — воздухонагреватель (calorifier); 3 — вентилятор; 4 — канал наружного воздуха; 5 — канал рециркуляционного воздуха; 6 — клапаны; 7 — вытяжная вентиляция; 8 — воздухозаборная шахта

качества помещений, можно поддерживать температуру воздуха в помещении на меньшем обычном уровне за счет лучистого воздействия тепла на находящихся в помещении людей; дешевле становится монтаж системы, он сводится к соединению друг с другом концов труб нагревательных элементов и прокладке магистральных трубопроводов; в жаркое летнее время эти системы можно использовать для охлаждения помещений.

К недостаткам следует отнести большие гидравлические сопротивления, высокую тепловую инерцию и сложность ремонта.

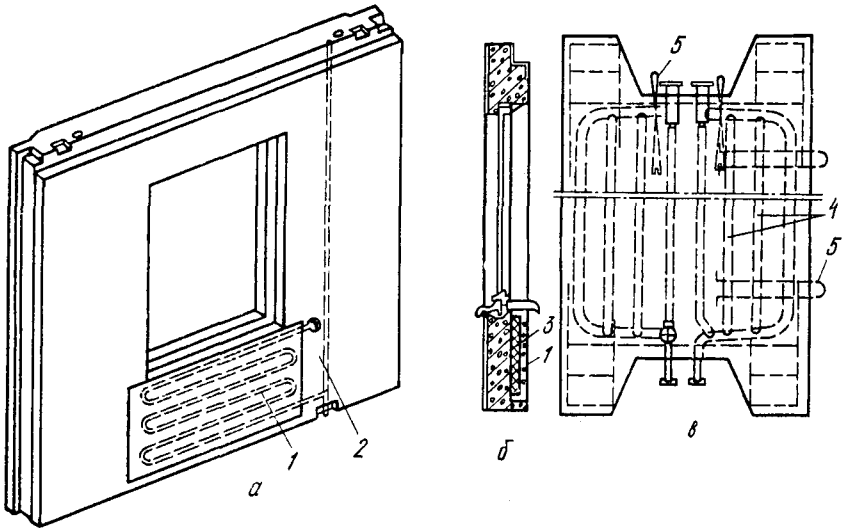


Рис. 37. Крупные стеновые бетонные панели с заделанными в них нагревательными приборами из стальных труб:

*a* — общий вид панели наружной стены со стороны помещения; *б* — вертикальный разрез панели наружной стены; *a* — отопительная перегородочная панель; 1 — отопительная панель со змеевиком; 2 — бетонная панель; 3 — утеплитель; 4 — регистр из стальных труб; 5 — монтажные петли

**Местные системы отопления.** Местные системы отопления представляют собой различные нагревательные приборы — газовые, электрические, печи (последние в промышленных зданиях, как правило, не применяют).

Газовые отопительные приборы, в частности инфракрасный газовый излучатель, можно применять в безопасных в пожарном отношении помещениях при отсутствии фиксированных рабочих мест, а также при наличии газовой сети или баллонов с жидким газом.

Электрические отопительные приборы целесообразно применять только при специальном экономическом обосновании.

Нагревательными элементами в приборах служат ТЭНы (трубчатые теплоэлектронагреватели), одна из конструкций которых показана на рис. 38, *a*.

Такие ТЭНы можно заделывать в специально изготовленный бетонный блок, а также в строительные конструкции, бетонные междуэтажные перекрытия, плинтусы и др. Проходя по электрическому со-



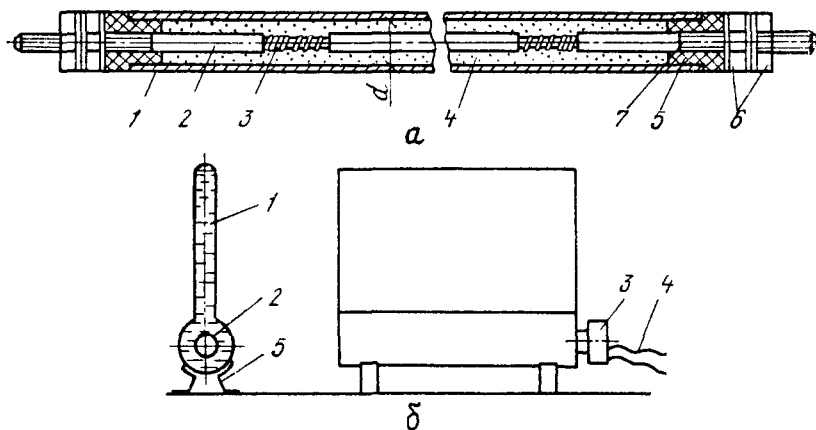


Рис. 38. Электрические нагревательные приборы:

*a* — трубчатый электронагреватель (ТЭН): 1 — оболочка; 2 — контактный стержень; 3 — спираль из проволоки сопротивления (накаливания) 4 — периклаз; 5 — герметик;  
*б* — контактные гайки и шайбы; 7 — изолятор; 6 — схема устройства электромастного радиатора: 1 — масло; 2 — трубчатый электронагреватель (ТЭН); 3 — автомат-регулятор; 4 — электросеть; 5 — ножки

противлению ТЭНа, электрическая энергия преобразуется в тепловую. Благодаря этому через внешнюю поверхность металлической трубки нагревается блок-аккумулятор. Нагретый в нерабочее время блок будет обогревать помещение в рабочую смену, не потребляя электроэнергии. Примером электрических отопительных приборов может служить электромастный радиатор, схема которого показана на рис. 38, *б*. Он легко переносится и может быть установлен непосредственно у рабочего места. Трубчатый теплоэлектронагреватель размещен в нижней цилиндрической части металлического кожуха, заполненного маслом.

Поднимаясь над нагревателем вверх за счет естественной конвекции, масло опускается по поверхностям кожуха, охлаждаясь за счет передачи своего тепла через стенки воздуху помещения. Преобразование электрической энергии в тепловую происходит по эквиваленту  $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3600 \text{ кДж}$ .

**Системы отопления на базе централизованного теплоснабжения.** Их осуществляют при наличии ТЭЦ (теплоэнергоцентрали) или центральных производственно-отопительных районных котельных промышленных узлов. Они имеют существенные преимущества перед мелкими отопительными установками, так как КПД цен-

тральных котельных и особенно ТЭЦ значительно выше КПД местных. На ТЭЦ одновременно вырабатывается электрическая и тепловая энергия, поэтому ее КПД составляет 0,8 против 0,4...0,6 для местных котельных.

Тепловые сети выполняют в виде сетей циркуляционного типа, как правило, двухтрубными. По одной из труб потребителям подается вода температурой 130...150 °С или пар давлением около 200...300 кПа, по другой — возвращается охлажденная вода температурой 70 °С или конденсат. Повышение температуры подаваемой воды позволяет уменьшить диаметр магистральных трубопроводов и сократить капитальные затраты на сооружение магистрали и подводу к потребителям, а также эксплуатационные расходы за счет сокращения расхода электроэнергии сетевыми насосами, перекачивающими воду или конденсат.

Присоединение потребителя к тепловой сети осуществляют двумя способами — с помощью элеваторного пункта или бойлера. Первый способ применяют при водяной системе теплоснабжения, второй — чаще при паровой. Схема элеваторного присоединения и самого элеватора показана рис. 39.

Горячая вода из теплосети поступает в сопло эжектора и выходит из него с большой скоростью, создавая вакуум в камере смешения, куда и эжектируется часть обратной воды из отопительной системы и подмешивается к горячей воде. Смешанная вода поступает через диффузор в отопительную систему.

Коэффициент подмешивания определяют так же, как в случае воздушного отопления, совмещенного с вентиляцией:

$$\alpha = \frac{t_r - t_{см}}{t_{см} - t_o}, \text{ и } G_o = \alpha G_r, \quad (24)$$

где  $t_r$  — температура воды в теплосети, °С;  $t_{см}$  — температура воды за диффузором, °С;  $t_o$  — температура охлажденной (подмешиваемой) воды, °С;  $G_o$  — расход подмешиваемой воды, кг/ч;  $G_r$  — расход горячей воды, поступающей из теплосети, кг/ч.

При температуре сетевой воды 130 °С ее можно подавать непосредственно в систему центрального отопления промышленного здания. На рис. 40 показана схема присоединения центральной отопительной системы к тепловой сети с помощью бойлера (водоподогревателя), представляющего собой цилиндр из листовой стали, внутри которого установлен змеевик.

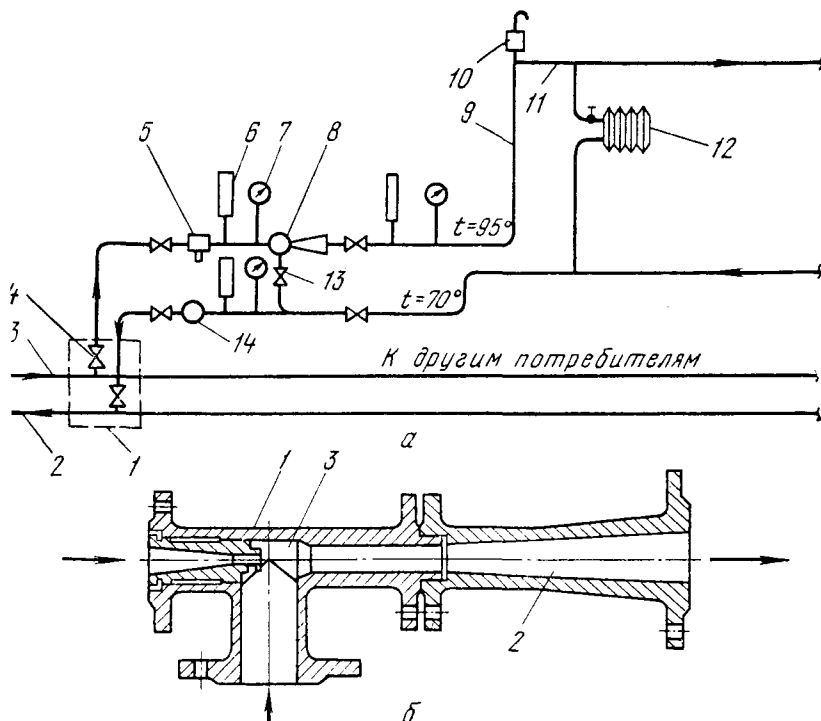


Рис. 39. Система отопления на базе теплофикации:

*а* — схема присоединения водяной системы отопления к теплофикационной сети через элеватор: 1 — теплофикационный колодец; 2 — оборотная магистраль; 3 — подающая магистраль; 4 — задвижка; 5 — грязевик; 6 — термометр; 7 — манометр; 8 — элеватор; 9 — главный стояк; 10 — воздухоотводчик; 11 — разводящая магистраль; 12 — нагревательный прибор; 13 — задвижка; 14 — водомер;

*б* — схема устройства элеватора (водоструйного насоса): 1 — сопло элеватора; 2 — расширяющая труба (диффузор); 3 — камера смешения

Такое присоединение называют независимым. Пар из теплосети поступает в бойлер, конденсируется в нем, отдавая тепло воде, направляющейся в бойлер через нижний патрубок из обратной магистрали центральной системы водяного отопления благодаря насосу или гравитационному побуждению. Нагретая вода через верхний патрубок бойлера поступает в главный стояк отопительной системы. Наличие здесь двух контуров (парового и водяного) позволяет назвать эту систему комбинированной пароводяной системой отопления. При подаче в змеевик из теплосети перегретой воды (150 °С) образуется комбинированная водо-водяная система отопления.

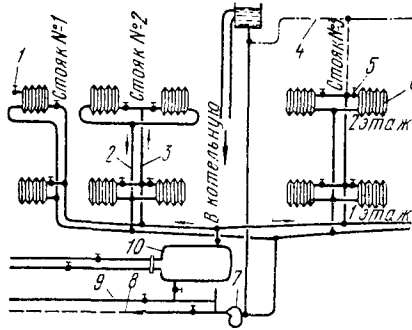


Рис. 40. Схема двухтрубной системы водяного отопления с насосной циркуляцией и нижней разводкой, присоединенной к тепловой сети через бойлер:

1 — кран для спуска воздуха; 2 — обратный стояк; 3 — подающий стояк; 4 — воздушная линия; 5 — кран; 6 — нагреватель; 7 — насос; 8 — канализация; 9 — водопровод; 10 — бойлер

Комбинированные системы отопления исключают передачу гидравлического давления теплосети на систему отопления и наоборот, что обеспечивает большую надежность теплоснабжения.

## § 7. Отопительные приборы

К отопительным приборам водяных и паровых систем отопления относятся чугунные секционные радиаторы и ребристые трубы, радиаторы стальные штампованные, регистры и змеевики из гладких стальных труб, тепловые панели; в воздушных системах применяют стальные пластинчатые и электрические калориферы, а для электрического отопления — электрические конвекторы и радиаторы, электронагревательные печи. Пластинчатые и электрические калориферы используются в системах вентиляции для нагрева приточного воздуха в холодный период года. В системах лучистого отопления применяют газовые и электрические ИК-излучатели.

На предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности в основных производственных цехах устанавливают чугунные радиаторы и регистры из гладких стальных труб, которые легко очищаются от пыли и грязи; во вспомогательных производственных помещениях

допускается применять чугунные ребристые трубы, в административных — чугунные или стальные конвекторы. Из электрических приборов используют главным образом электронагревательные печи ПЭТ.

Чугунный радиатор представляет собой отопительный прибор, собираемый из отдельных секций (до 20...22 шт.).

Поверхность теплоотдачи собранного радиатора можно изменять в широких пределах в зависимости от числа секций. Промышленность выпускает чугунные радиаторы различных типов (рис. 41).

Радиаторы компактны, гигиеничны (сравнительно легко очищаются от пыли), имеют удовлетворительные теплотехнические показатели, выдерживают рабочее давление до 0,6 МПа.

Стальные штампованные радиаторы изготавливают в виде безразборных панелей (рис. 42, а).

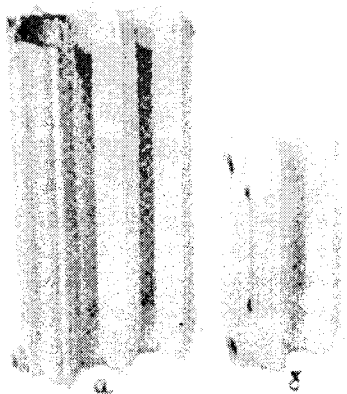


Рис. 41. Радиаторы секционные чугунные:

а — три секции радиатора М-140 (М-140-А);  
б — две секции радиатора М-140-АО-300

Чугунные ребристые трубы (рис. 42, б) имеют более развитую поверхность теплоотдачи на единицу массы металла; они рассчитаны на такое же давление, как и чугунные радиаторы, но по стоимости дешевле последних. Часто расположенные ребра на трубах затрудняют очистку труб от пыли и мусора.

Это является серьезным недостатком ребристых труб и ограничивает их использование для пищевых цехов. Промышленность выпускает трубы длиной 1, 1,5 и 2 м. Технические данные радиаторов и ребристых труб приведены в табл. 2.

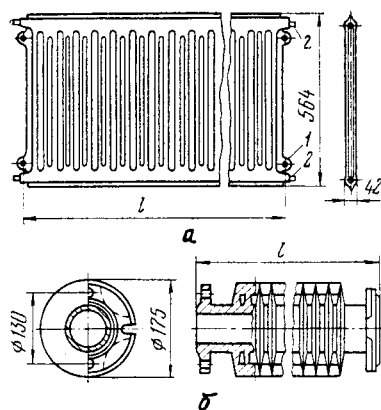


Рис. 42. Схемы отопительных приборов:  
а — стальной штампованный радиатор МЗ-500 ( $l = 518, 766, 952$  и  $1256$  мм); 1 — проушины для крепления; 2 — присоединительный штуцер  $d = 20$  мм;  
б — ребристая труба ( $l = 750, 1000,$  и  $2000$  мм)

Таблица 2

## Технические данные радиаторов и ребристых труб

Отопительные приборы	Площадь поверхности отопительных приборов, $f$ , $m^2$	Расчетный коэффициент теплопередачи, $k$ , $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$
Секции чугунных радиаторов:		
М-140 (М-140-А)	0,254	9,8
М-140-АО	0,299	9,8
М-140-АО-300	0,170	9,8
РД-90	0,203	10,1
РД-26	0,205	9,4
Радиаторы стальные штамповочные:		
МЗ-500-1	0,64	10,2
МЗ-500-2	0,96	10,2
МЗ-500-3	1,20	10,2
Трубы чугунные ребристые:		
длиной 0,75 м	1,5	Для одной трубы 5,8; для двух — 5,2; для трех — 4,65
длиной 1 м	2	
длиной 2 м	4	

При проектировании водяных и паровых систем отопления определяют площадь поверхности теплоотдачи нагревательных приборов:

$$F = \frac{Q_{от} \cdot \beta}{k \cdot (t_{ср.пр} - t_{в})}, \quad (25)$$

где  $Q_{от}$  — количество теплоты, которое должны отдать приборы, Вт;  $\beta$  — коэффициент, учитывающий способ установки прибора, принимаемый при открытой установке приборов равным 1;  $k$  — коэффициент теплопередачи нагревательного прибора,  $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;  $t_{ср.пр}$  — средняя расчетная температура теплоносителя в приборе,  $^\circ C$ ;  $t_{в}$  — расчетная температура воздуха помещения,  $^\circ C$ .

Среднюю расчетную температуру в приборе при водяном отоплении определяют по формуле

$$t_{ср.пр} = \frac{t_r + t_o}{2}, \quad (26)$$

при паровом отоплении ее принимают равной температуре конденсации пара.

$$t_{\text{сп.пп}} = t_{\text{к}}.$$

Число секций  $N$  нагревательных приборов составит:

$$N = \frac{F}{f}, \quad (27)$$

где  $f$  — площадь поверхности теплоотдачи одной секции нагревательного прибора, м<sup>2</sup>.

Регистры и змеевики изготавливают из стальных труб диаметром 50...100 мм; они легко очищаются от пыли, компактны, имеют сравнительно малую массу и высокий коэффициент теплопередачи. Однако стоимость регистров и змеевиков выше стоимости радиаторов. Регистры и змеевики нетрудно изготовить в мастерских предприятия.

Радиаторы, ребристые трубы и регистры устанавливают под окнами вдоль наружных стен. Расположение приборов должно обеспечивать равномерность обогрева помещения, доступность осмотра и ремонта. На предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности устанавливать приборы в нишах стен не допускается.

По теплотехническим и санитарно-гигиеническим соображениям теплоотдающую поверхность отопительных приборов следует окрашивать в белый цвет. При окраске радиаторов, например, цинковыми белилами, теплоотдача их увеличивается на 2,2%; при окраске алюминиевой краской, растворенной в нитролаке, теплоотдача уменьшается на 8,5%.

Тепловые панели еще не нашли широкого применения. Их можно изготовить в виде массивных бетонных блоков, в которых размещены стальные трубы. Такие блоки используют как часть перегородок, перекрытий, полов. В качестве тепловых панелей могут служить литые чугунные отопительные приборы, гладкая поверхность которых обращена в помещение; это обуславливает значительную величину теплоотдачи путем лучеиспускания.

Задняя сторона панелей имеет ребра, теплоотдача которыми происходит в значительной степени в результате конвекции, что сокращает излишний обогрев стены.

Калориферы состоят из большого количества трубок, ввальцованных в стальные коробки. Для увеличения поверхности теплоотдачи на трубках укрепляют пластинки толщиной до 1 мм. По трубкам пропускают пар или перегретую воду, а через просветы между пластинками

прогоняют воздух, который быстро нагревается до 45...70 °С. Калориферы широко используют в сушильных установках и системах вентиляции.

Электрический радиатор (рис. 43, а) выполнен в виде плоской металлической емкости, заполненной минеральным маслом, и предназначен для дополнительного обогрева служебных и жилых помещений. В нижней части радиатора расположен трубчатый электронагреватель, нагревающий масло до 105...130 °С. Электрический радиатор работает при напряжении 127...220 В, площадь поверхности теплоотдачи составляет от 0,58...1,3 м<sup>2</sup>, мощность приборов 500...1250 Вт.

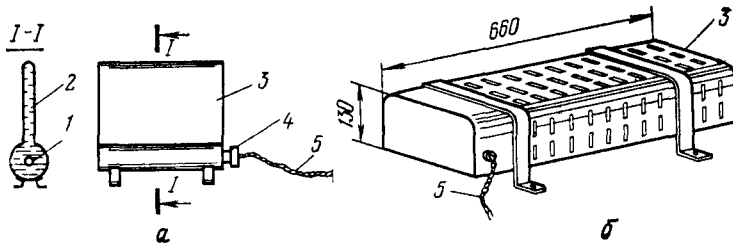


Рис. 43. Электрические нагревательные приборы:

а — электрический радиатор; б — печь электрическая ПЭТ; 1 — трубчатый электронагреватель ТЭН; 2 — масло; 3 — корпус (металлическая емкость); 4 — автомат регулятор; 5 — подводка электроэнергии; б — кожух

Электронагревательная печь ПЭТ (рис. 43, б), предназначенная для отопления служебных и производственных помещений, состоит из перфорированного стального кожуха, внутри которого размещены трубчатые нагревательные элементы. Габаритные размеры печи 656×127×246 мм, мощность 500 и 1000 Вт. Печи устанавливают в вертикальном или горизонтальном положении и заземляют.

## § 8. Трубопроводы систем отопления и арматура

Трубопроводы систем отопления предназначены для транспортировки горячей воды, пара и конденсата. При диаметрах до 50 мм используют стальные черные водогазопроводные трубы; при диаметрах более 50 мм — стальные электросварные трубы.



Трубы соединяют сваркой, с помощью резьбы или фланцев. Для уплотнения резьбовых соединений используют льняную прядь с сурикковой или специальной пастой, асбестовый шнур с графитовой мас-тикой. Прокладки для фланцевых соединений делают из паронита или картона, проваренного в олифе.

**Запорная и регулирующая арматура.** В отопительной системе запорная и регулирующая арматура служит для преграждения полностью (при отключении) или частично (при регулировке) прохода теплоносителя по трубопроводу. Она включает задвижки, запорные вентили, пробковые проходные, трехходовые поворотные сальниковые, трехходовые регулировочные краны, обратные клапаны, конденсатоотводчики (рис. 44).

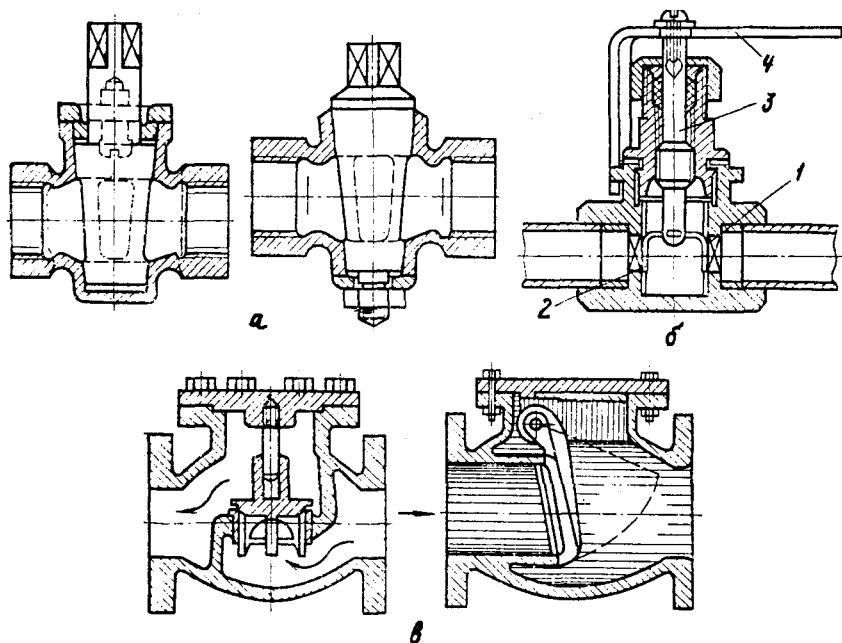


Рис. 44. Запорная и регулировочная арматура

а — пробковый кран ; б — кран двойной регулировки; 1 — пробка; 2 — прорези в пробке; 3 — шпindelь; 4 — ручка крана; 5 — прорезь розетки

*Задвижки* устанавливают на тепловых вводах, магистральных трубопроводах систем отопления при давлении воды или пара до 1 МПа

(10 кг/см<sup>2</sup>). Их выполняют из чугуна с выдвижным шпинделем с бронзовыми уплотнительными кольцами.

При давлении больше 1 МПа на тепловом вводе устанавливают стальные задвижки. Шпиндель задвижки на горизонтальных участках трубопроводов следует располагать вертикально или горизонтально, установка шпинделя вниз не допускается.

*Запорные вентили и пробковые проходные краны* (сальниковые и натяжные) устанавливают в качестве запорной арматуры на отопительных стояках диаметром не более 50 мм (при большем диаметре ставят задвижки). Шпиндель вентиля предпочтительно устанавливать горизонтально. Пробковые проходные краны имеют значительно меньший коэффициент местного сопротивления по сравнению с запорными вентилями, поэтому их предпочтительно ставить на стояках системы с гравитационным побуждением. Применяя пробковые проходные сальниковые краны, достигают непроницаемости для воды за счет плотного соприкосновения шлифованных поверхностей пробки и корпуса. Это осуществляют нажатием крышки сальника на пробку при закрытом положении.

Натяжные краны устанавливают при сравнительно небольшом давлении до 600 кПа.

*Трехходовые поворотные сальниковые краны*, или краны двойной регулировки, устанавливают на подводках к приборам водяного отопления для регулировки систем отопления в процессе монтажа, теплоотдачи прибора при эксплуатации.

*Трехходовые регулировочные краны* применяют для регулировки расхода воды, поступающей в приборы однотрубных проточно-регулируемых систем отопления, для установки под манометром и др.

*Обратные клапаны* различают подъемные и поворотные. Подъемные клапаны устанавливают обычно на трубопроводах горячей воды, а поворотные — на трубопроводах холодной воды. Оба типа клапанов могут пропускать поток воды только в одном направлении. Их устанавливают на горизонтальных участках трубопроводов строго по уровню и с вертикальным расположением шпинделя.

*Конденсатоотводчики* ставят в паровых системах отопления с перекачкой конденсата насосом для отвода его в конденсационный бак без выпуска пара из системы. Конденсатоотводчики различают трех типов: термодинамические, термостатические и поплавкового типа. Их устанавливают строго по уровню, с обводной линией на случай ремонта и первым вентиляем на ней.

## §9. Монтаж, регулирование и эксплуатация систем отопления

Системы отопления монтируют из готовых отдельных узлов и деталей.

Узлы и детали изготавливают на специальных заводах или в мастерских. На этих предприятиях делают заготовки стояков, подающих и обратных магистралей, комплектуют отопительные приборы, готовят различное вспомогательное оборудование — элеваторы, расширительные баки, воздухоотборники и пр. При таком порядке работы повышается производительность труда, улучшается качество и ускоряется выполнение работ.

В отдельных случаях, например при строительстве одиночных объектов или реконструкции системы отопления, все заготовки делают на месте.

При монтаже систем отопления строго соблюдают правильность уклонов и прямолинейность трубопроводов. Диаметры труб и число отопительных приборов должны соответствовать проекту. Все детали и оборудование системы отопления надежно закрепляют. Трубы соединяют обычно сваркой. Запорно-регулирующую арматуру устанавливают на резьбе или фланцах. Трубопроводы, прокладываемые открытым способом, должны отстоять от поверхности стены на 1...2 см. При использовании теплоносителей с высокими температурами в соответствующих местах необходимо предусмотреть ограждения для предупреждения ожогов при соприкосновении с трубами или отопительными приборами.

Смонтированные водяные или паровые системы отопления опрессовывают водой давлением, превышающим рабочее на 0,2 МПа. Давление не должно снижаться в течение 5 мин. Устранив обнаруженные дефекты, проводят испытание системы на прогрев. Испытание на прогрев следует проводить зимой в относительно сухом и утепленном здании с закрытыми окнами и дверями. Все отопительные приборы должны иметь нормальный прогрев, обеспечивающий расчетную температуру внутри помещений в рабочей зоне. Температуры замеряют в течение 2 сут через каждые 6 ч. Отклонения допускаются на 1...2 °С.

Плохой прогрев может быть вызван засорением подводов к отопительным приборам, воздушными мешками и неправильной регули-

ровкой арматуры (краны или вентили), а также заниженными параметрами теплоносителя по сравнению с расчетными.

Засорения устраняют промывкой системы водой, а арматуру регулирует опытный слесарь. Температуру и давление теплоносителя проверяют на вводе в здание.

После гидравлического испытания и испытания на прогрев составляют предварительный акт приемки системы отопления в эксплуатацию.

Окончательно можно принимать систему в процессе ее эксплуатации. Комиссия просматривает всю техническую документацию, акты испытаний и проверяет соответствие монтажа системы проекту. При наружном осмотре необходимо проверить правильность размеров диаметров трубопроводов, марки электродвигателей и насосов, наличие арматуры, контрольно-измерительных приборов и тепловой изоляции, крепление труб и оборудования. После устранения замеченных неполадок и недоделок составляют акт на передачу системы отопления в эксплуатацию.

В процессе эксплуатации специальный обслуживающий персонал периодически осматривает и регулирует систему. Эксплуатационная регулировка обусловлена изменениями наружной температуры воздуха, скоростью и направлением ветра, обдувающего здание.

В водяных системах отопления обычно осуществляют качественную регулировку. Для этого с учетом фактических наружных температур изменяют температуру горячей воды, поступающей из котельной к отопительным приборам. Изменение температур производят в соответствии с установленным графиком зависимости между температурами наружного воздуха  $t_n$  и температурами теплоносителя  $t_t$  и  $t_o$ . Допускается также количественная регулировка подачи горячей воды в систему отопления.

Систему парового отопления регулируют, изменяя давление пара. В соответствии с этим меняется количество пара, поступающего в отопительные приборы. Пар в систему отопления можно подавать с перерывами, но это отрицательно влияет на температурный режим помещений.

Мелкий текущий ремонт системы отопления осуществляют сразу же по мере необходимости. Большие ремонтные работы, в том числе и капитальный ремонт, производят в летний период.

После отопительного сезона систему промывают водой, исправляют поврежденную арматуру, тепловую изоляцию и другое оборудова-

ние и вновь заполняют водой. Вода предохраняет внутренние металлические стенки труб и отопительных приборов от агрессивного воздействия кислорода атмосферного воздуха.

Для предохранения труб и отопительных приборов от ржавления в воду, поступающую в систему отопления, можно добавлять раствор жидкого стекла, гидроокиси магния и борной кислоты. Эти вещества, оседая тонким слоем на внутренних стенках труб, образуют антикоррозийную пленку.

В процессе эксплуатации необходимо тщательно следить за состоянием тепловой изоляции трубопроводов, наличием воды в расширительном баке, работой конденсатоотводчиков, запорно-регулирующей арматуры, электродвигателей, насосов, вентиляторов, исправностью контрольно-измерительных приборов и приборов автоматики.

Теплотехнический контроль за работой системы отопления осуществляют с помощью манометров, устанавливаемых на горячей и обратной магистралях, на элеваторах, у насосов и теплообменников.

Правильно смонтированная и отрегулированная система отопления при нормальной эксплуатации служит 25...35 лет (паровые системы) и 40...50 лет (водяные системы). Воздушные системы отопления, в которых используются вентиляторы, электродвигатели, фильтры, калориферы чаще требуют ремонта и менее долговечны.

В целях охраны труда работы, связанные с эксплуатацией систем отопления, разрешается выполнять специально обученному персоналу. Без ведома ответственного лица не допускается отсоединять или присоединять отопительные приборы, заменять трубопроводы, тепловую изоляцию, электродвигатели, насосы и другое оборудование. Сварочные, слесарные, теплоизоляционные, малярные, монтажные и демонтажные работы следует производить в соответствии с действующими правилами по технике безопасности.

## **§ 10. Пример расчета площади поверхности отопительных приборов**

**Исходные данные.** Наружные размеры здания следующие: длина 61 м, ширина 25 м, высота 7 м. Расчетная температура внутреннего воздуха  $t_{в} = 16^{\circ}\text{C}$ , наружного —  $t_{н} = -26^{\circ}\text{C}$  (средняя температура самой

холодной пятидневки). Теплоноситель — горячая вода, температура горячей воды  $t_g = 130^\circ\text{C}$ , температура охлажденной воды  $t_o = 70^\circ\text{C}$ .

Для одноэтажного промышленного здания, расположенного в Москве, нужно рассчитать площадь поверхности радиаторов М-140 и расставить их. Тепловые потери здания  $Q_{т.п}$  и тепловую мощность системы отопления  $Q_{от}$  определить по удельной тепловой характеристике здания  $q$ .

**Решение.** Исходя из размеров здания наружный объем составит  $61 \cdot 25 \cdot 7 = 10\,675\text{ м}^3$ .

Для предприятий молочной промышленности удельная тепловая характеристика здания  $g = 0,41\text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Тепловые потери здания определяем по формуле (15):

$$Q_{т.п} = qV(t_b - t_n) = 0,41 \cdot 10\,675 \cdot [16 - (-26)] \approx 184\,000\text{ Вт}.$$

30 % этих теплопотерь будут восполнены за счет тепловыделений технологического оборудования, а 70 % приходится на систему отопления. Тепловая мощность системы отопления  $Q_{от}$  равна

$$Q_{от} = 0,7 Q_{т.п} = 0,7 \cdot 184\,000 = 128\,800\text{ Вт}.$$

Коэффициент теплопередачи и поверхность теплоотдачи одной секции радиатора М-140 составляют:  $k = 9,8\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $f = 0,254\text{ м}^2$ .

Среднюю температуру воды в приборах определяем по формуле (26):

$$t_{ср.пр} = \frac{t_g + t_o}{2} = \frac{130 + 70}{2} = 100^\circ\text{C}.$$

Общую поверхность теплоотдачи отопительных приборов определяем по формуле (25):

$$F = \frac{Q_{от} \cdot \beta}{k \cdot (t_{ср.пр} - t_b)} = \frac{128800 \cdot 1}{9,76 \cdot (100 - 16)} \approx 157,0\text{ м}^2.$$

Общее число секций радиаторов рассчитываем по формуле (27):

$$N = \frac{F}{f} = \frac{157,0}{0,254} = 618.$$

Приборы устанавливаются следующим образом: под окнами 22 прибора, около двух дверей 8, у ворот по 2 прибора с каждой стороны; всего 38 приборов. Теоретическое число секций в каждом приборе равно  $618/38$ . Принимаем, что под окнами, обращенными на северо-восток, и около ворот, обращенных на северо-запад, по 17 секций в каждом приборе, в остальных приборах по 16 секций.

# Глава 5. Системы вентиляции и кондиционирования

## § 1. Методы определения воздухообмена

Технологические процессы ряда производств мясной, молочной и рыбной промышленности сопровождаются выделением различных газов, паров и пыли, вреднодействующих на организм человека. Так, в помещениях предубойного содержания скота и птицы выделяются аммиак, углекислый газ, водяные пары, а в термических отделениях — угарный газ и избыточное тепло.

Большинство этих выделяющихся веществ при систематическом и продолжительном воздействии на организм человека наносят вред, способствуя возникновению различных заболеваний, поэтому их объединяют общим названием — вредности, или вредные вещества. Степень их вредного воздействия на человека зависит от физико-химических свойств и содержания вредных веществ в единице объема воздуха в рабочей зоне производственного помещения.

Для снижения концентрации вредных веществ на предприятиях осуществляют следующие мероприятия: замена токсичных материалов менее токсичными; герметизация оборудования, арматуры и трубопроводов, по которым транспортируются эти материалы; устройство местных отсосов над отверстиями или проемами, через которые могут поступать в помещение вредности; улавливание пыли в местах ее выделения и смачивание ее; устройство тепловой изоляции и придание ей ровной поверхности, окраска в светлые тона теплоотдающих поверхностей оборудования для уменьшения теплопередачи и излучения и т. д. Несмотря на принятые меры, часть вредностей поступает в помещение и вентиляция предназначена для того, чтобы снизить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны до такой концентрации, при которой они не вызывали бы заболеваний или отклонений в состоянии здоровья работающего в течение всего его рабочего дня. Такая концентрация вредных веществ называется предельно допустимой концентрацией (ПДК), ее величина установлена для различных вредных веществ.

Кроме того, организмы работающих в помещении людей также выделяют тепло, влагу, углекислый газ в количествах, зависящих от



вида и интенсивности выполняемой ими работы. В связи с этим требуется увеличение отвода тепла и влаги для поддержания нормальной температуры тела человека и физиологических процессов в его организме. Наиболее благоприятные условия для этих процессов называют комфортными.

В неподвижной воздушной среде комфортные условия для человека в состоянии покоя определяются температурой воздуха  $18^{\circ}\text{C}$  и относительной влажностью 50 %, при тяжелой физической работе — соответственно  $14^{\circ}\text{C}$  и 50 %. При повышении температуры воздуха комфортные условия в помещении можно сохранить путем увеличения скорости движения воздуха или уменьшения его относительной влажности. Этот процесс осуществляют с помощью кондиционирования воздуха. Различают технологическое и комфортное кондиционирование воздуха. Технологическое кондиционирование предназначено для создания, поддержания и регулировки оптимальных параметров воздуха при протекании химических и биохимических реакций (при созревании фарша, сушке колбас, созревании сыров), для обработки продукции с минимальными изменениями ее качества (при обвалке и жиловке, приготовлении фарша, наполнении колбасных оболочек, производстве диетпродуктов и др.). С помощью комфортного кондиционирования создают для работающих в помещении людей благоприятные условия, способствующие хорошему самочувствию и повышению производительности труда.

Таким образом, вентиляция и кондиционирование воздуха обеспечивают установленные нормами условия и чистоту воздуха в помещениях.

Воздухообменом называется частичная или полная замена загрязненного воздуха в помещении свежим наружным воздухом, обработанным до требуемых параметров. При воздухообмене выделяющиеся вредности (избыточное тепло, водяной пар, газы и пыль) поглощаются свежим приточным воздухом и удаляются за пределы помещения. Воздухообмен осуществляется с помощью приточных и вытяжных систем вентиляции. Воздухообмен  $L$ , измеряемый в  $\text{м}^3/\text{ч}$ , обуславливает мощность системы вентиляции и является исходной величиной, которую используют при подборе вентиляционного оборудования, расчете сечений воздухопроводов и компоновке всей системы.

Для вспомогательных зданий и помещений воздухообмен определяют по кратности воздухообмена; для производственных поме-

щений — вычисляют в соответствии с выделяющимися вредностями; для помещений с тепловыделениями — по избыткам явного тепла; для помещений с тепло- и влаговыделениями — по избыткам явного тепла, влаги и скрытого тепла в рабочей зоне; для помещений с газовыделениями — по количеству вредности, поступающих в рабочую зону.

**Определение воздухообмена по кратности.** Кратностью называется величина, характеризующая интенсивность воздухообмена. Кратность имеет размерность  $\text{ч}^{-1}$  и показывает, сколько раз в течение 1 ч необходимо сменить воздух в объеме данного помещения (см. прил. 3, с. 322). Чем сильнее загрязняется воздух в помещении, тем больше должна быть кратность воздухообмена.

Зная кратность и внутренний объем помещения, подсчитывают воздухообмен  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$L = nV, \quad (28)$$

где  $n$  — кратность воздухообмена,  $\text{ч}^{-1}$ ;  $V$  — внутренний объем помещения,  $\text{м}^3$ .

Если воздух в помещениях не загрязнен производственными вредностями, то воздухообмен рекомендуется производить исходя из следующих норм: при объеме помещения до  $20 \text{ м}^3$  на одного работающего — не менее  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; при объеме помещения более  $20 \text{ м}^3$  на одного работающего — не менее  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$  наружного воздуха на одного человека.

**Расчет воздухообмена для удаления избыточных водяных паров.** Чтобы уменьшить величину воздухообмена  $L_G$ , оборудование, выделяющее водяные пары (варочные котлы, ванны, стерилизаторы, моечные машины, пропариватели бочек), необходимо закрывать крышками, ограждать зонтами, кабинами, кожухами или ширмами.

Сумма всех влаговыделений составляет избыточную влагу, которая по санитарно-гигиеническим требованиям подлежит удалению. Для удаления излишков водяных паров в помещение вводят атмосферный воздух, который насыщается влагой и выбрасывается из помещения. Если известна сумма влаговыделений  $\Sigma G$  кг/ч, то воздухообмен можно определить по уравнению.

$$L_G = \frac{\Sigma G}{d_{yx} - d_{np}}, \quad (29)$$

где  $d_{yx}$  — предельно допустимая масса водяных паров в  $1 \text{ м}^3$  уходящего воздуха:

$$d_{yx} = d_{yx}^{\text{нас}} \varphi_{yx};$$

$d_{np}$  — масса водяных паров содержащихся в  $1 \text{ м}^3$  приточного воздуха:

$$d_{np} = d_{np}^{\text{нас}} \varphi_{np}.$$

Здесь  $d_{yx}^{\text{нас}}$  и  $d_{np}^{\text{нас}}$  — массы водяных паров, содержащихся в входящем и приточном воздухе при полном его насыщении и соответствующих температурах  $t_{yx}$  и  $t_{np}$  (см. прил. 4, с. 324),  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\varphi_{yx}$  — предельно допустимая относительная влажность удаляемого воздуха, т. е. влажность в помещении (см. прил. 5, с. 324), %;  $\varphi_{np}$  — относительная влажность приточного воздуха, %.

**Определение воздухообмена для удаления избыточной теплоты.** Чтобы сократить воздухообмен  $L_Q$ , надо уменьшить количество теплоты, поступающей в помещение. Для этого необходимо теплообменные аппараты, автоклавы, сушилки, печи, паропроводы другое тепловое оборудование покрывать тепловой изоляцией. Зимой тепловыделения  $\Sigma Q_{\text{тв}}$  следует использовать для восполнения потерь тепла  $Q_{\text{п}}$  помещения через ограждающие конструкции. Однако если  $\Sigma Q_{\text{тв}} > Q_{\text{п}}$ , то в цехе накапливается избыточная теплота  $Q_{\text{изб}}$ , и для ее удаления необходима вентиляция помещения. Летом тепловые выделения максимальные и будут являться избыточными, так как тепловые потери здания в этот период практически отсутствуют. Таким образом, летом  $Q_{\text{изб}} = \Sigma Q_{\text{тв}}$ , зимой  $Q_{\text{изб}} = \Sigma Q_{\text{тв}} - Q_{\text{п}}$ .

Избыточное тепло можно удалить с помощью воздуха, имеющего пониженную температуру, который вводят в помещение. Нагретый воздух выбрасывается в атмосферу, унося с собой избыточную теплоту, в результате чего температура в помещении понижается.

Если избыточная теплота удаляется из одной зоны, то воздухообмен определяют по уравнению

$$L_Q = \frac{3,6 Q_{\text{изб}}}{q}, \quad (30)$$

где  $q$  — количество теплоты, уносимое  $1 \text{ м}^3$  воздуха при нагревании его от температуры приточного воздуха до температуры воздуха, уходящего из помещения  $t_y$ ,  $\text{кДж}/\text{м}^3$ .

$$q = \rho c (t_y - t_n),$$

где  $\rho$  — плотность воздуха, удаляемого из помещения (см. прил. 4, с. 324),  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $c$  — удельная теплоемкость воздуха,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $t_y$ ,  $t_n$  — температура уходящего и приточного воздуха,  $^\circ\text{C}$ .

Чем больше перепад температур, тем меньше воздухообмен, а это экономически выгодно. Перепад температур можно увеличивать за счет уменьшения  $t_{п}$ , так как температура удаляемого воздуха обуславливает температуру в рабочей зоне, которая не может быть выше, чем допускается санитарными нормами. Температура приточного воздуха, подаваемого в рабочую зону, должна быть не менее  $5^{\circ}\text{C}$ , температура удаляемого воздуха может быть равной внутренней температуре помещения, которая в теплый период года допускается на  $3...5^{\circ}\text{C}$  выше расчетной температуры наружного воздуха, но не более  $28^{\circ}\text{C}$ .

В летний период, если температура наружного воздуха, подаваемого в цех, значительно превышает расчетную внутреннюю температуру помещения, то его следует охлаждать.

**Определение количества воздуха для удаления вредных веществ.** На предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности есть помещения, в которых наблюдается выделение газов. К таким помещениям относятся компрессорные холодильных установок (аммиак), термические отделения (угарный газ, дым), цехи медицинских препаратов (этиловые спирт и эфир, бензол, бензин, ацетон), помещения для содержания скота и птицы (углекислый газ, аммиак), хлораторные (хлор), помещения консервирования клеевых и желатиновых бульонов (сернистый газ).

Органическая пыль выделяется в помещениях приема и подготовки сухих кормов, производства мясо-костной и костной муки, обработки рогов, копыт, пуха, пера, производства пищевого альбумина, сушки молочных продуктов.

При тепловой обработке технического сырья и отходов (особенно несвежих) образуются вредные и неприятно пахнущие продукты разложения белков.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны соответствуют таким концентрациям, которые при ежедневной работе в течение всего рабочего стажа не вызывают у работающих заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Предельно допустимые концентрации установлены Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий, некоторые из которых приведены в прил. 6, с. 325.

В чистом атмосферном воздухе вредные газы не содержатся, за исключением углекислоты, нормальная концентрация которой  $450 \text{ мг/м}^3$ . Количество углекислоты, выделяемое человеком при дыхании, составляет  $23 \text{ л/ч}$  при легкой работе и  $45 \text{ л/ч}$  при тяжелой или соответственно  $35$  и  $68 \text{ г/ч}$ .

Воздухообмен в системах общественной вентиляции для удаления газов и пыли определяют по уравнению

$$L_U = \frac{U}{q_y - q_n}, \quad (31)$$

где  $q_y$  — нормированное предельно допустимое содержание газа в воздухе, удаленном из помещения, мг/м<sup>3</sup>;  $q_n$  — содержание газа в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;  $U$  — масса газов и пыли, выделяемых в воздушную среду помещения, мг/ч.

Для предотвращения поступления вредных выделений в рабочую зону помещения источники значительного выделения паров, газов, пыли должны быть герметизированы и оборудованы местными отсосами.

Технологические выбросы местных и общеобменных систем вентиляции, содержащие пыль или вредные и неприятно пахнущие вещества, следует очищать.

Очистку выбросов предусматривают, если загрязнение атмосферного воздуха превышает нормированные предельно допустимые концентрации вредных веществ, установленные для населенных пунктов.

## §2. Классификация и устройство систем вентиляции

Основными частями вентиляционных систем являются приточные и вытяжные камеры, фильтры, пылеуловители, калориферы, кондиционеры, воздухораспределители, воздухопроводы, фасонные части и регулирующие устройства.

Состав и количество входящих в систему основных частей зависят от назначения систем и от способа побуждения воздуха к движению в системе.

**Приточные и вытяжные камеры** служат для размещения основного оборудования вентиляционных систем (рис. 45).

Сантехпроектom разработана серия типовых приточных камер типа ПК-10...ПК-15 производительностью от 3,5 до 150 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Камеры собирают из стандартных секций заводского изготовления и применяют в качестве вентиляционных и отопительно-вентиляционных установок, а также для дежурного отопления. Они могут работать во всех трех режимах: прямоточном, рециркуляционном и комбиниро-

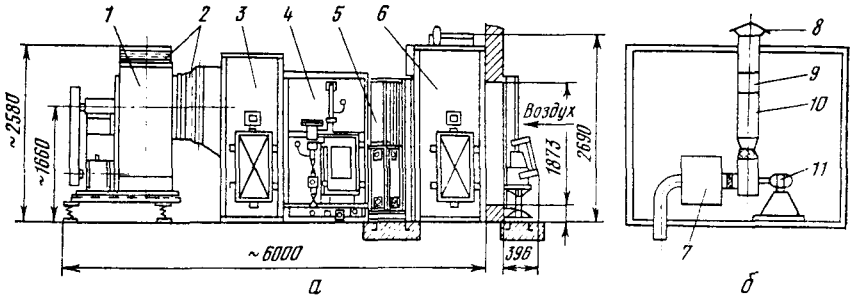


Рис. 45. Схемы вентиляционных камер:

а — приточная камера; б — вытяжная камера; 1 — вентилятор; 2 — гибкая вставка; 3 — соединительная секция; 4 — секция орошения; 5 — калориферная; 6 — приемная; 7 — очистное устройство; 8 — зонт; 9 — обратный клапан; 10 — шахта; 11 — электродвигатель

ванном. Конструкция камер может быть левого и правого исполнения (обслуживание осуществляется с левой или правой стороны по ходу воздуха). Сборку камер производят из одних и тех же элементов.

При отсутствии возможности использовать типовые приточные камеры можно изготовить камеру на месте строительства.

Как правило, приточные камеры размещают у наружных стен в нижних этажах с учетом того, что радиус действия системы вентиляции (протяженность вентиляционной сети) не должен превышать 50 м. Помещения, обслуживаемые одной камерой, должны быть близки по характеру производства и параметрам воздушной среды. Входные отверстия для забора наружного воздуха располагают в зоне с наименьшим загрязнением воздуха производственными и вентиляционными выбросами на высоте не менее 2 м от поверхности земли.

Вытяжная камера снабжена очистным устройством и шахтой с зонтом для выброса загрязненного воздуха в атмосферу. Во избежание конденсации водяного пара, содержащегося в удаленном воздухе, шахту утепляют, а для уменьшения потерь тепла через вытяжную систему в нерабочую смену снабжают утепленным обратным клапаном.

**Фильтры** делят по степени очистки воздуха на три типа — тонкой, средней и грубой очистки, которые характеризуются конечным содержанием пыли в  $1 \text{ м}^3$  воздуха.

Степень очистки . . . . .	Тонкая	Средняя	Грубая
Конечное содержание пыли в воздухе, $\text{мг}/\text{м}^3$ . . . . .	1...2	40...50	50

Тонкой очистке подвергается наружный и рециркуляционный воздух в приточных системах, а средней и грубой — в вытяжных. Для тонкой очистки приточного воздуха применяют следующие фильтры: смоченные пористые (волокнистые и масляные), сухие пористые (волокнистые, сетчатые и губчатые).

Фильтры подразделяют по их эффективности на три класса в зависимости от размеров пылевых частиц:

Класс фильтра .....	1	2	3
Размеры пылевых частиц, мкм .....	До 1	От 1 до 10	От 10 до 5060
Эффективность, % .....	99	85	60

Эффективность фильтра  $\epsilon$  (%) определяется по формуле

$$\epsilon = \frac{g_n - g_k}{g_n} \cdot 100 \%, \quad (32)$$

где  $g_n$ ,  $g_k$  — соответственно начальное (перед фильтром) и конечное (после фильтра) содержание пыли в воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

Наиболее часто применяют масляные фильтры (самоочищающиеся КдМ-1006А и КдМ-2006 и фильтры с кольцами Рашига) и сухие пористые волокнистые.

*Масляный самоочищающийся фильтр* (рис. 46) состоит из кожуха 4, в котором расположен цепной механизм 5 с латунными сетчатыми шторками 6, электродвигателя 1, редуктора и масляной ванны 7 вместимостью 175 л. Шторки, перекрывая одна другую, образуют фильтрующее полотно 2. Воздух, проходя через смоченные маслом шторки, хорошо очищается от пыли. В масляной ванне шторки промываются от налипшей пыли.

*Фильтры с кольцами Рашига* собирают из отдельных ячеек, представляющих собой металлические квадратные обечайки, затянутые с обеих сторон металлическими сетками. Пространство между сетками заполнено кольцами Рашига, диаметр и длина которых одинаковы и равны 8...12 мм. Ячейки с кольцами Рашига предварительно погружают в бак с веретенным или вазелиновым маслом, вынимают и дают стечь маслу в течение 2...3 сут при вертикальном положении, после чего их устанавливают в специальные каркасы для образования фильтрующих панелей требуемой по расчету площади. Загрязненные ячейки промывают в горячем 10 %-ном содовом растворе, а затем в горячей чистой воде. После просушки их снова покрывают маслом.

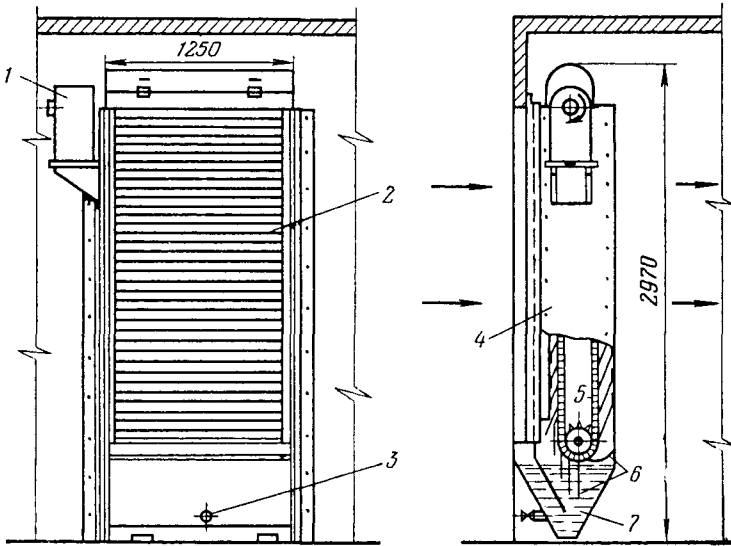


Рис. 46. Схема масляного самоочищающегося фильтра:

1 — электродвигатель; 2 — фильтрующее полотно; 3 — кран для спуска масла; 4 — кожух; 5 — цепной механизм; 6 — сетчатые шторки; 7 — масляная ванна

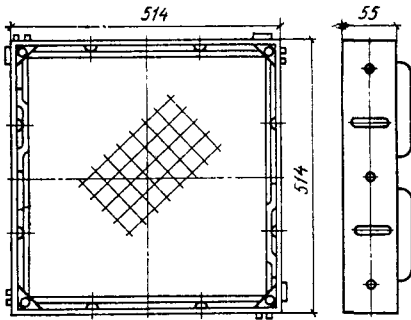


Рис. 47. Фильтры ячейкового типа

К сухим пористым волокнистым фильтрам относят унифицированные ячейковые фильтры типа ФЯР, ФЯВ, ФЯУ (рис. 47), а также воздушные фильтры типа ФРУ (фильтры рулонные унифицированные).

Фильтры типа ФРУ представляют собой коробчатый каркас, в верхней и нижней части которого установлены катушки-барбаны. На верхнюю катушку намотано полотно чистого фильтрующего нетканого материала типа ФСВУ из упругого слегка промасленного стекловолнока. К нижней катушке прикрепляют конец этого полотна так, что оно перегораживает поток свежего атмосферного воздуха. По мере загрязнения до заданного предела полотно наматывается на нижнюю катушку, а на его место встанет новый участок чистого



полотна, сматываемого с верхней катушки. Эти фильтры применяют при нормальной запыленности наружного воздуха (до  $1 \text{ мг/м}^3$ ).

Для очистки запыленного воздуха перед выбросом его в атмосферу наиболее широко применяют тканевые (хлопчатобумажные, шерстяные, нитроновые, лавсановые, из стеклоткани), зернистые орошаемые (из песка, гальки, шлака, опилок, резиновой крошки, пластических масс, а также стандартных видов насадок — колец Рашига, сферических колец), рулонные, пневматические, электрические фильтры.

В зависимости от формы придаваемой ткани различают фильтры рукавные, плоские, клиновые; по расположению относительно вентилятора — всасывающие, нагнетательные; по способу регенерации ткани — встряхиваемые, продуваемые и др.

В тканевых рукавных фильтрах (рис. 48) регенерация ткани осуществляется встряхиванием с помощью специального механизма.

*Зернистые орошаемые фильтры* иногда называют фильтрами с противоточным орошением, так как запыленный воздух проходит навстречу потоку воды.

*Пневматические рулонные фильтры* (ФРП) по устройству идентичны фильтрам типа ФРУ. Но они снабжены системой пневматической регенерации фильтрующего нетканого материала и предназначены главным образом для очистки воздуха от волокнистой пыли.

В электрических фильтрах при прохождении воздуха через электрическое поле содержащиеся в нем частицы пыли приобретают заряд и оседают на электродах. Пыль с электродов выпадает в бункер, откуда периодически удаляется.

Технические характеристики некоторых фильтров приведены в табл. 3.

При подборе фильтров учитывают требуемый коэффициент очистки и начальную запыленность воздуха, физические и химические

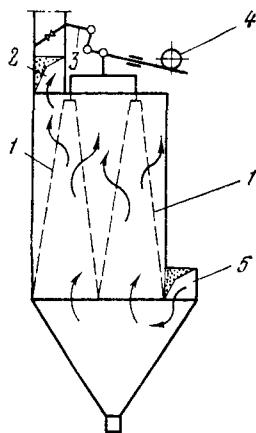


Рис. 48. Тканевый рукавный фильтр:  
1 — рукава фильтра; 2 — канал для отвода обеспыленного воздуха; 3 — устройство для переключения фильтра на продувку; 4 — механизм для встряхивания рукавов и переключения фильтра на продувку; 5 — канал для подачи запыленного воздуха

Таблица 3

## Технические характеристики некоторых фильтров

Фильтр	Допустимая начальная запыленность воздуха $g_0$ , мг/м <sup>3</sup>	Коэффициент очистки $\epsilon$ , %	Удельная нагрузка $L_{уд}$ , м <sup>3</sup> /(ч·м <sup>2</sup> )	Начальное сопротивление фильтра $P_0$ , Па	Рабочая площадь поверхности одной секции $F$ , м <sup>2</sup>
Складчатый ячеиковый:					
бумажный К-53	3	85	740	150	1,9
волоконный ФяЛ	1	100	125	100	16
Электрический фильтр ЭФ-2	5	95	2000	40	0,45
Ячеиковый:					
ФяР (Рекка), ФяВ	20	80	7000	40...50	0,22
ФяУ, ФяП	10	80	7000	30...60	0,22
Рашига	20	95	4000	80	0,25
Масляный самоочищающийся КдМ	20	90	11000	100	1,8
Рулонный:					
ФРП	10	80	10000	120	2
ФРУ	1	95	10000	50	2

свойства пыли, производительность системы вентиляции и условия эксплуатации.

Коэффициентом очистки воздуха  $\epsilon$  (%) называют отношение количества уловленной фильтром пыли к начальной запыленности (к количеству пыли, содержащейся в неочищенном воздухе). Коэффициент очистки определяют по формуле (32).

Если тип фильтра выбран, то нетрудно определить площадь  $F$  (м<sup>2</sup>) его рабочей поверхности:

$$F = \frac{L}{L_{уд}}, \quad (33)$$

где  $L$  — производительность системы вентиляции, м<sup>3</sup>/ч;  $L_{уд}$  — удельная нагрузка на 1 м<sup>2</sup> фильтра, м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>).

По расчетной площади поверхности можно подсчитать число стандартных элементов данного фильтра (ячеек или секций).

**Пылеуловители** применяют для очистки вентиляционных выбросов от пыли. При недостаточной эффективности одного пылеуловите-

ля за ним последовательно ставят второй пылеуловитель или фильтр (двух-, трехступенчатая очистка).

К пылеуловителям относят осадочные камеры, лабиринтные камеры В. В. Багурина (сухого и мокрого типов), пенные пылеуловители (рис. 49).

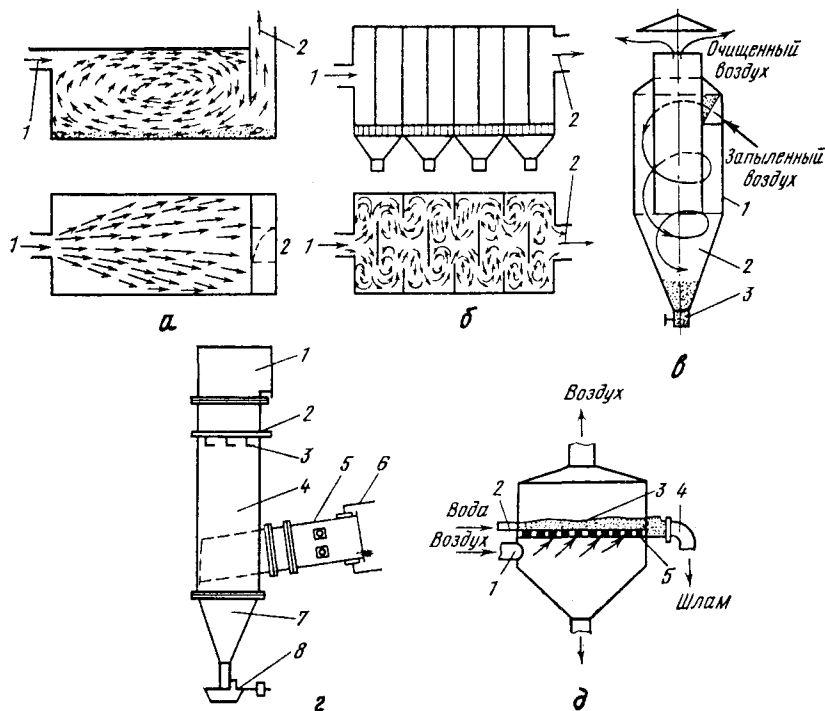


Рис. 49. Устройство для очистки вентиляционных выбросов от пыли:

*а* — простая осадочная камера; *б* — лабиринтная камера В. В. Багурина; 1 — запыленный воздух; 2 — обеспыленный воздух;

*в* — циклон: 1 — наружный цилиндр; 2 — конусная часть; 3 — выходная труба;

*г* — скруббер ВТИ с орошаемой решеткой: 1 — выходной патрубок; 2 — гребенка для распыления воды; 3, 6 — форсунки; 4 — цилиндр; 5 — патрубок; 7 — коническая часть скруббера; 8 — клапан;

*д* — пенный пылеуловитель (промыватель): 1 — патрубок для подачи воздуха; 2 — штуцер для подачи воды; 3 — водяная пленка; 4 — трубопровод для отвода шлама; 5 — решетка

Осадочные камеры являются простейшими устройствами для очистки воздуха от крупной пыли (более 50 мкм) при небольших начальных ее концентрациях. В них осаждается пыль под действием собственной массы при малой скорости движения воздуха (0,6 м/с) в ламинарном режиме.

*Лабиринтные камеры В. В. Батурина* являются более эффективными. Их рекомендуют устанавливать для предварительной очистки воздуха.

В *циклонах сухого типа* пылеотделение основано на центробежной сепарации. Воздушный поток движется по спирали вниз, содержащиеся в нем пылинки как более тяжелые, чем воздух, отбрасываются к стенкам наружного цилиндра. В результате трения пылинок о стенки снижается их скорость, они опускаются в нижнюю конусную часть циклона, откуда их удаляют через пылеотводящий патрубок. Очищенный воздух поднимается по внутреннему цилиндру вверх и выходит в атмосферу. Имеется целый ряд конструктивных разновидностей циклонов сухого типа в зависимости от их назначения.

*Циклоны мокрого типа* (скрубберы) основаны на использовании инерционных сил при контакте частиц пыли с водой в конце сепарации. Вода, стекая по стенкам, смывает осевшую пыль в коническую часть скруббера и дальше в шламоотстойник. Скрубберы отличаются от циклонов сухого типа такой же производительности значительно меньшим диаметром из-за отсутствия выбросного внутреннего цилиндра.

*Пенные пылеуловители* (промыватели) задерживают пыль при прохождении струек запыленного воздуха через водяную пленку. Они применяются для очистки воздуха от плохо смачиваемой пыли с начальной загрязненностью его свыше  $10 \text{ г/м}^3$ .

**Калориферы** служат для нагревания воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, а также в системах воздушного отопления и в сушильных установках. Калориферы могут быть смонтированы из чугунных радиаторов (рис. 50), из гладких стальных труб, из стальных оребренных пластинами или спиралью трубок диаметром 15 мм.

Трубки могут быть овальными, а пластины волнообразными (гофрированными). По радиаторам, трубам и трубкам циркулирует горячая вода или пар и нагревает их, отсюда название калориферов — водяные или паровые. В электрокалориферах в трубки вмонтированы электрические нагреватели. Пластины и спиральные оребрения калориферов выполняют из листовой стали толщиной 0,5 мм. Трубки собирают в блок и помещают в металлический каркас.

Воздух в калориферах нагревается в процессе контакта с внешней нагретой поверхностью трубок и оребрения. Лучшими по теплотехническим показателям сейчас являются калориферы с овальными труб-

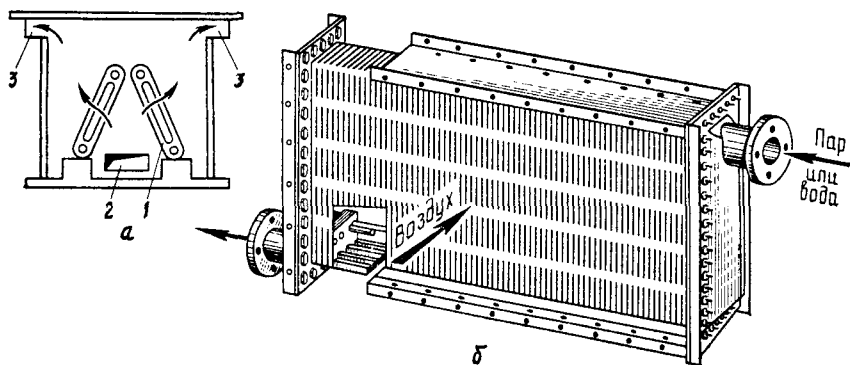


Рис. 50. Калориферы:

*а* — из чугунных радиаторов: 1 — чугунные радиаторы; 2 — канал, подводящий в калорифер наружный воздух; 3 — каналы приточный вентиляции;

*б* — из стальных оребренных пластинами трубок

ками и насаженными на них пластинами волнообразной формы (одноходовые и многоходовые).

Овальная форма трубок увеличивает поверхность контакта между трубками и пластинами, а диагональные гофры способствуют созданию турбулентного воздушного потока. Вместе взятые, они улучшают теплотехнические показатели калориферов. С этой же целью трубки располагают в шахматном порядке в три-четыре ряда перпендикулярно направлению движения воздуха.

В одноходовых калориферах теплоноситель проходит по всем трубкам только в одном направлении, в многоходовых — по одной части трубок в одном направлении и по другой — в обратном. Теплоносителем в одноходовых калориферах могут служить пар или вода, в многоходовых — только вода. Одноходовыми выпускаются калориферы пластинчатые КВБ, КЗПП, К4ПП и спирально-навивные КФСО и КФБО, многоходовыми — КЗВП и К4ВП.

Расчет и подбор калориферов производят, исходя из расхода тепла, требуемого на нагрев воздуха, и площади поверхности нагрева калорифера. Расход тепла  $Q$  (кДж/ч) на нагрев воздуха определяют по формуле

$$Q = L \rho c (t_k - t_n), \quad (34)$$

где  $L$  — расход воздуха, м<sup>3</sup>/ч;  $\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  — удельная массовая теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°C);  $t_k$  — температура воздуха на выходе из калорифера, °C;  $t_n$  — температура воздуха при входе в калорифер, °C.

Площадь поверхности нагрева калорифера  $F$  ( $\text{м}^2$ ) определяют по формуле

$$F = \frac{Q}{k\Delta t_{cp} \cdot 3,6}, \quad (35)$$

где  $k$  — коэффициент теплоотдачи поверхности калорифера, зависящий от массовой скорости воздуха в живом сечении калорифера, вида теплоносителя и скорости воды в трубках калорифера,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $\Delta t_{cp}$  — средняя разность температур теплоносителя и воздуха [если теплоноситель вода  $\Delta t_{cp} = \frac{t_r + t_o}{2} - \frac{t_k + t_n}{2}$ ; если теплоноситель пар  $\Delta t_{cp} = t_n - \frac{t_k + t_n}{2}$  (здесь  $t_n$  — температура насыщенного пара,  $^\circ\text{C}$ )]; 3,6 — коэффициент перевода  $\text{Вт}$  в  $\text{кДж}$ .

**Кондиционеры** предназначены для очистки от пыли и тепловлажной обработки воздуха в системах кондиционирования. Промышленность выпускает типовые секции, из которых можно смонтировать агрегат в соответствии с технологической схемой обработки воздуха и требуемой производительностью кондиционера по воздуху — от 10 до 250 тыс.  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Типовые секции, составляющие кондиционер, делят на рабочие и вспомогательные (рис. 51).

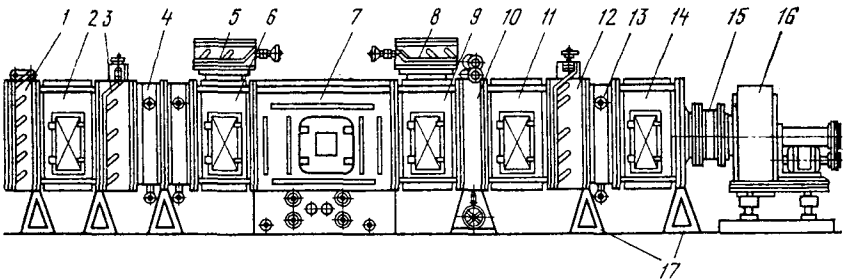


Рис. 51. Примерная схема набора секций и камер центральных кондиционеров:

1 — клапан приемный; 2, 11, 14 — камеры промежуточные; 3, 12 — клапаны сдвоенные секционные; 4, 13 — секция подогрева; 5, 8 — клапаны проходные; 6, 9 — камеры смешительные; 7 — камера промывания; 10 — фильтр масляный самоочищающийся; 15 — секция, переходная к вентилятору; 16 — вентустановка; 17 — подставка

Рабочими секциями являются вентиляторная установка, камеры обработки воздуха (подогрева, охлаждения, фильтрации, увлажнения), секции приемных и проходных клапанов. Вспомогательные секции — камеры обслуживания, ремонта, смешивания потоков воздуха, присоединительные секции.

Кондиционеры подразделяют по принципу действия на прямоточные, рециркуляционные и комбинированные. *Прямоточные кондиционеры* работают только на наружном воздухе, который обрабатывается, подается в помещение и затем полностью удаляется из него. *Рециркуляционные кондиционеры* подают обработанный воздух в помещение, а после насыщения его вредностями снова забирают и обрабатывают. *Комбинированные кондиционеры* работают на наружном и внутреннем воздухе, т.е. при частичной рециркуляции (рис. 52). Кроме того, различают неавтономные и автономные кондиционеры.

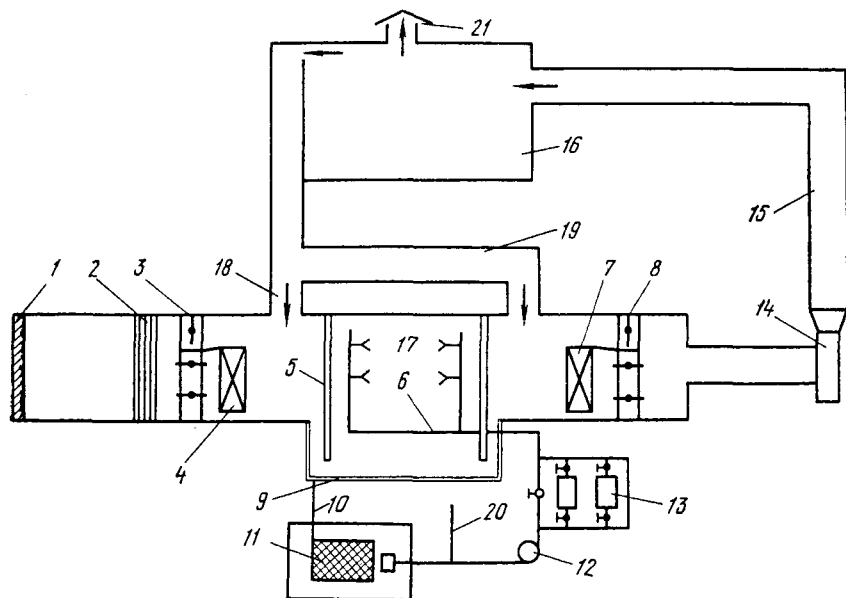


Рис. 52. Схема кондиционирования воздуха с первой и второй рециркуляцией:

1 — жалюзийная решетка; 2 — фильтр (самоочищающийся); 3 — воздушные клапаны; 4 — калорифер первого подогрева; 5 — сепаратор; 6 — трубы к форсункам; 7 — калорифер второго подогрева; 8 — воздушные клапаны; 9 — поддон форсуночной камеры; 10 — труба для подогрева воды из поддона; 11 — фильтр для очистки воды; 12 — центробежный насос; 13 — сетчатые (бутылочные) фильтры; 14 — центробежный вентилятор; 15 — воздуховод; 16 — вентилируемое помещение; 17 — форсунки; 18 — канал первой рециркуляции; 19 — канал второй рециркуляции; 20 — холодная вода; 21 — вытяжная вентиляция

Неавтономные кондиционеры не содержат внутри холодильной установки. Они горизонтального исполнения и предназначены для кондиционирования воздуха в промышленных зданиях.

Автономные кондиционеры предназначены для кондиционирования воздуха в отдельных небольших помещениях. В агрегат встроена холодильная машина, конденсатор которой может охлаждаться наружным воздухом или водой, отсюда их деление на кондиционеры с воздушным и водяным охлаждением. Наиболее компактными являются кондиционеры с воздушным охлаждением. Их устанавливают в оконном или стеновом проеме (рис. 53).

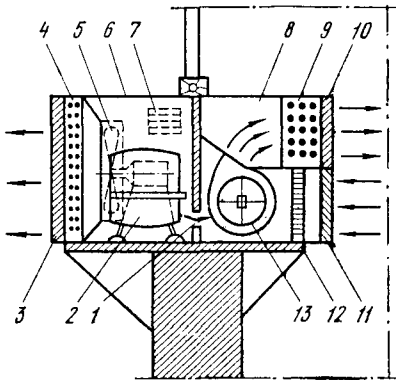


Рис. 53. Автономный кондиционер с воздушным охлаждением конденсатора:

1 — отверстие для подачи наружного воздуха к приточному вентилятору; 2 — герметичный компрессор; 3 — жалюзи; 4 — конденсатор; 5 — вентилятор для обдувания конденсатора наружным воздухом; 6 — наружный отсек, сообщающийся с атмосферным воздухом; 7 — жалюзи для забора наружного воздуха; 8 — внутренний отсек, сообщающийся с атмосферным воздухом; 9 — испаритель холодильной машины; 10 — декоративная приточная решетка; 11 — декоративная рециркуляционная решетка; 12 — фильтры; 13 — приточный вентилятор

Автономные кондиционеры с холодильной машиной, работающей по схеме теплового насоса, наиболее совершенны. Они позволяют не только охлаждать и нагревать воздух, но и регулировать его относительную влажность.

**Воздухораспределители.** Это устройства, устанавливаемые в конце участков приточной сети, конструкция которых подбирается в соответствии с массой подаваемого воздуха, уровнем установки относительно рабочей зоны, характером технологического процесса и расположением рабочих мест. При этом важное значение имеют направление движения струи воздуха и скорость ее затухания. По своему назначению воздухораспределители можно разделить на две основные группы: для общеобменной вентиляции и для местной вентиляции. Воздухораспределители каждой из этих групп делят на устройства для подачи воздуха в помещение и для вытяжки воздуха из него.

При общеобменной вентиляции в помещениях с высокой влажностью сосредоточенную подачу сухого теплого воздуха в верхнюю зону помещения и одновременное удаление насыщенного влагой воздуха



целесообразно осуществлять с помощью комбинированного воздухо-распределителя приточно-вытяжного типа ВК (рис. 54, а).

Он сочетает в себе приточное и вытяжное устройство. Обогрев теплым приточным воздухом (30...35 °С) вытяжного патрубка устраняет возможность конденсации водяного пара в нем и в вытяжном воздухопроводе. Отражатель способствует образованию веерной струи приточного воздуха и направляет ее на поверхность потолка. При этом струя теплого и сухого воздуха «налипает» на поверхность потолка, нагревает и подсушивает ее, предотвращая тем самым конденсацию на ней водяного пара из воздуха помещения.

Центробежные воздухораспределители ВЦ эффективны при избыточных тепловыделениях, когда важно подать в рабочую зону охлажденный воздух (рис. 54, б).

Различные душирующие патрубки ПД (рис. 54, в, г, д) диаметром от 315 до 500 мм (шести типоразмеров) применяют для распределения воздуха в рабочей зоне в непосредственной близости от постоянных рабочих мест. Наличие поворотных лопаток в направляющей решетке и шарнирного соединения патрубка с воздухопроводом позволяет подавать поток воздуха в нужном направлении.

Освоены промышленностью конструкции вращающихся (ВВ) и закручивающих (ВЗ) воздухораспределителей, позволяющих подавать воздух в помещение быстрозатухающей закрученной струей со значительной разностью температур между подаваемым воздухом и воздухом помещения. Это позволяет сократить расход воздуха, количество приточных устройств, а также расход тепла на подогрев приточного воздуха и электроэнергии на его подачу.

Кроме того, на предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности применяют различные вытяжные насадки и устройства (рис. 55).

Важным требованием к их конструкции является обеспечение равномерной скорости всасывания в их приемном сечении.

**Воздухопроводы (воздуховоды).** Материалы для изготовления воздухопроводов делят на металлические и неметаллические. При любом материале должны быть обеспечены гладкость внутренних поверхностей с минимальным сопротивлением движению воздуха и минимальная вибрация стенок воздухопроводов. Неметаллические материалы должны быть малогигроскопичными и влагостойкими. По форме воздухопроводы различают круглые и прямоугольные. Предпочтение отдают круглым как более экономичным. Прямоугольные

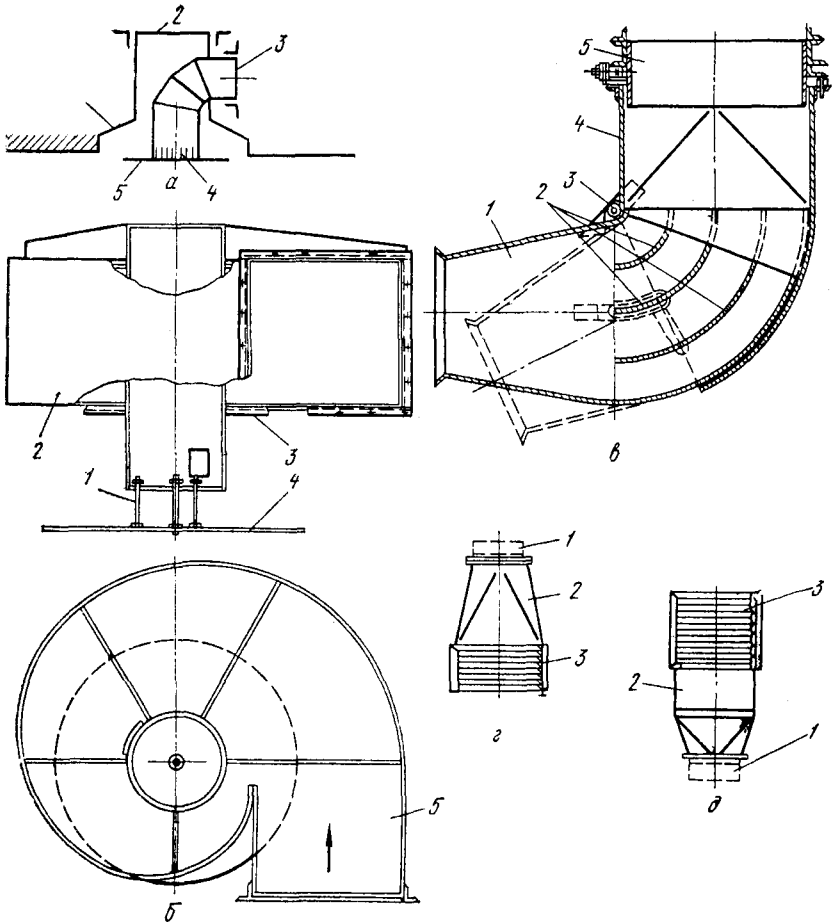


Рис. 54. Воздухораспределительные устройства:

*а* — комбинированный потолочного типа: 1 — диффузор; 2 — присоединительный патрубок к приточному воздуховоду; 3 — присоединительный патрубок к вытяжному воздуховоду; 4 — вытяжная решетка; 5 — отражатель;

*б* — воздухораспределитель ВЦ: 1 — винт регулировочный; 2 — корпус; 3 — выходной патрубок; 4 — диск отражательный; 5 — входной патрубок;

*в* — патрубок поворотный душирующего типа ППД: 1 — нижнее звено; 2 — лопатка рассекателя; 3 — шарнир нижнего звена; 4 — среднее звено; 5 — верхнее звено;

*г, д* — патрубки душирующие ПДв и ПДн: 1 — воздуховод; 2 — корпус; 3 — направляющая решетка

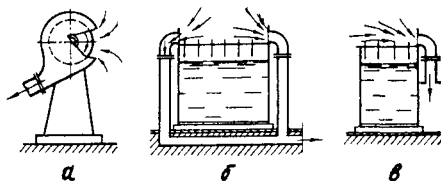


Рис. 55. Вытяжные устройства:

*a* — кожух-отсос для удаления пыли; *б* — двухбортовой отсос от ванны; *в* — однобортовой отсос

воздуховоды допускаются СНиП 41-01-2003 только при соответствующем обосновании.

Воздуховоды круглого сечения приняты следующих наружных диаметров: 100, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800 и 2000 мм.

Воздуховоды прямоугольного сечения принимаются, как правило, с соотношением сторон сечения не более 2 : 1.

Расчет воздуховодов сводится к определению площади сечения  $F$  (м<sup>2</sup>):

$$F = L \cdot v \cdot 3600, \quad (36)$$

где  $L$  — расход воздуха на участке, м<sup>3</sup>/ч;  $v$  — допустимая скорость воздуха на участке, м/с.

В системах естественной вентиляции скорость воздуха принимают равной 0,5...1 м/с — в каналах и решетках; 1...1,5 м/с — в приточных и вытяжных шахтах. При этом сумма потерь давления на преодоление трения и местных сопротивлений не должна превышать величину естественного перепада давлений. В системах с механическим побуждением оптимальная скорость воздуха в воздуховодах находится в пределах 4...12 м/с.

Отдельные участки, из которых состоит любая сеть воздуховодов, характеризуются следующими постоянными величинами: сечением воздуховода, расходом и скоростью движения воздуха. Чем меньше расход воздуха на данном участке, тем меньшую скорость движения воздуха принимают при определении площади сечения воздуховода. Для определения действительной скорости движения воздуха в воздуховоде рассчитывают диаметр воздуховода  $d$  (в мм) в зависимости от формы сечения.

Для воздуховода круглого сечения

$$d = 1130 \sqrt{\frac{L}{v}}, \quad (37)$$

Полученное расчетное значение  $d$  округляют до ближайшего стандартного диаметра и определяют действительную скорость воздуха при этом диаметре.

Для воздуховода, имеющего прямоугольное сечение, определяют эквивалентный диаметр  $d_{\text{эkv}}$  (мм). Потери на трение на единицу длины будут такие же, как и в воздухопроводе круглого сечения при сохранении той же скорости движения воздуха.

$$d_{\text{эkv}} = \frac{2ab}{a + b}, \quad (38)$$

где  $a$  и  $b$  — стороны прямоугольного воздуховода, мм.

После округления диаметров до стандартных значений определяют потери давления на преодоление сопротивления трению и местных сопротивлений.

Сопротивление трению, или потери давления на трение,  $P_{\text{тр}}$  (Па) определяют по формуле

$$P_{\text{тр}} = \frac{l\lambda}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \quad (39)$$

где  $\lambda$  — коэффициент трения для металлических воздуховодов ( $\lambda = 0,03$ , для неметаллических воздуховодов  $\lambda$  принимают по справочным таблицам);  $l$  — длина участка воздуховода, м;  $d$  — диаметр воздухопровода, мм;  $\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho v^2/2$  — динамическое давление, Па.

Местными сопротивлениями называют фасонные части воздуховодов и вентиляционные устройства, в которых имеют место потери давления при вихреобразованиях и перераспределении скоростей или изменении потока воздуха. Отношение потерь давления в местных сопротивлениях к динамическому давлению в данном сечении воздуховода называется *коэффициентом местного сопротивления*  $\xi$

$$\xi = \frac{2P_{\text{м.с}}}{\rho v^2}. \quad (40)$$

Следовательно, потери давления в местных сопротивлениях  $P_{\text{м.с}}$  (Па) можно выразить формулой

$$P_{\text{м.с}} = \sum \frac{\xi \rho v^2}{2}, \quad (41)$$

а общие потери давления  $P$  (в Па) в простом воздухопроводе определяют как сумму потерь давления во всех его участках:

$$P = \sum_1^n \left( \frac{l\lambda}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho v^2}{2}, \quad (42)$$

где  $n$  — число участков в сети.

Для расчета потерь давления в местных сопротивлениях скорость движения воздуха определяют в сечении участка воздуховода, прилегающего к местному сопротивлению, поскольку в этом участке воздух движется с большей скоростью. В калориферах, фильтрах и других устройствах вентиляционной системы, через которые проходит воздух, также имеют место потери давления на преодоление местных сопротивлений.

Данные расчета касались простых воздухопроводов, т. е. имеющих неразветвленную сеть. Если схема воздухопроводов состоит из нескольких ветвей, то ее называют сложной, или разветвленной.

Расчет разветвленной сети воздухопроводов начинают с наиболее протяженной магистрали и присоединенного к ней наиболее удаленного от вентилятора участка.

Наиболее распространенным материалом для изготовления воздухопроводов является листовая сталь: горячекатаная толщиной 0,5...1,4 мм.

К неметаллическим материалам для изготовления воздухопроводов и фасонных частей можно отнести винипласт толщиной 3...9 мм с соединением его листов сваркой. Из других синтетических материалов применимы полиэтилен, стеклопластик, стеклоткань и др.

**Фасонные части** служат для осуществления переходов от одного сечения воздухопровода к другому (диффузор и конфузор), изменения направления (колена), разветвления воздухопроводов (тройники, крестовины). При их расчете и изготовлении соблюдается правило, согласно которому площади сечений ответвлений принимают пропорционально массе проходящего по ним воздуха, а сумма площадей поперечных сечений равна площади поперечного сечения основного ствола воздуховода.

**Регулирующие устройства** включают в себя клапаны, шиберы и дроссельные устройства (рис. 56).

**Клапаны** различают поворотные и перекидные. Поворотные клапаны устанавливают на воздухозаборных и выпускных отверстиях больших сечений и поэтому делают разрезными, состоящими из нескольких поворотных полотнищ и напоминающими подвижные жалюзийные решетки. При расположении внутри воздухопровода клапаны,

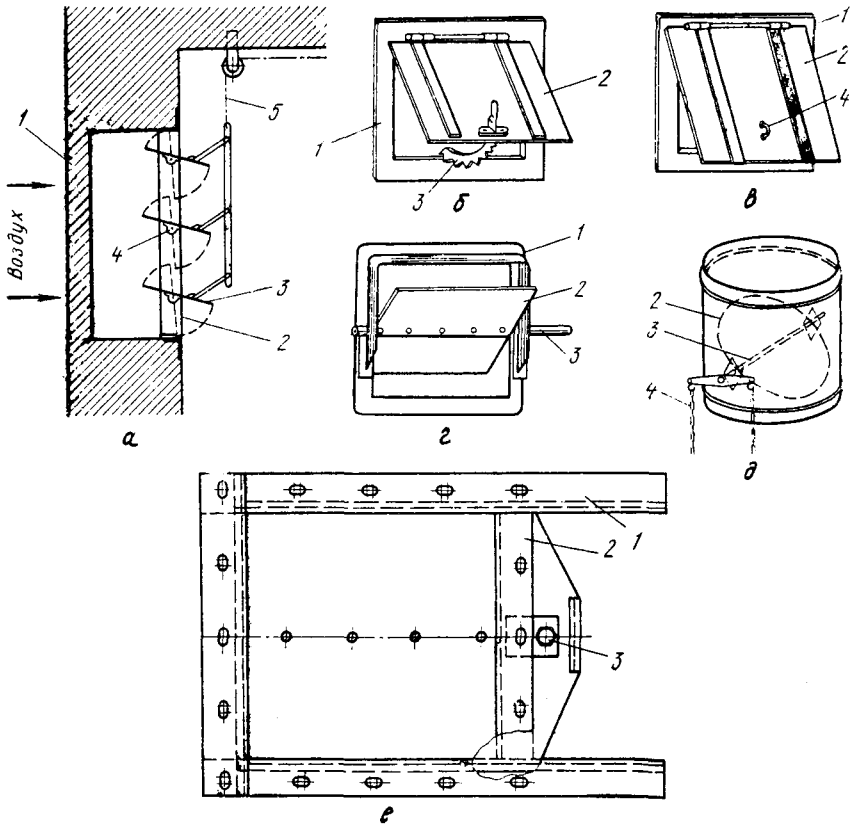


Рис. 56. Регулирующие устройства:

- а* — разрезной клапан на воздухозаборном проеме в наружной стене: 1 — жалюзи; 2 — металлическая рама; 3 — перья клапана; 4 — ось пара; 5 — тросовый привод;
- б, в* — малоразмерные клапаны: 1 — металлическая обечайка; 2 — полотно клапана; 3 — зубчатая дуговая рейка для упора; 4 — ушко для крепления тросового привода;
- г, д* — клапаны, размещаемые внутри воздухопроводов (дроссельные клапаны), соответственно прямоугольного и кругового сечения: 1 — металлическая обечайка; 2 — полотно клапана; 3 — ось; 4 — тросовый привод;
- е* — шибер: 1 — П-образная рама; 2 — заслонка; 3 — болт для фиксации положения заслонки

или дроссельные клапаны, делают вращающимися на оси, расположенной в середине полотна.

Перекидные клапаны предназначены для регулирования расхода воздуха, проходящего по воздуховоду, и направления его по линиям воздухопроводов, в разветвлении которых они установлены с распо-

ложением оси вращения на одной из граней. Перекидные клапаны выполняют, как правило, прямоугольного или трапециевидного сечения. Малоразмерные клапаны ставят иногда на воздухозаборных и выпускных отверстиях в вентилируемых помещениях.

*Шиберы* служат для регулировки расхода воздуха в магистральных воздуховодах и в местах соединения их с ответвлениями. Они представляют собой П-образную раму. В нее вставляют заслонки, требуемое положение которых фиксируется болтом.

К *дроссельным устройствам* относят диафрагмы, или дроссельные шайбы, представляющие собой металлическое полотно с круглым отверстием в середине, соответствующим расчету. Во время пусконаладочных работ их вставляют между фланцами воздуховода для постоянного регулирования расхода воздуха.

### §3. Вентиляторы и вентиляторные установки

Вентилятором называют машину для передачи механической энергии газу (воздуху) в одном или нескольких рабочих колесах, вызывающую его непрерывное течение с повышением полного давления потока не более 12 кПа (1200 мм вод. ст.). Машины создающие рабочее давление свыше 12 кПа называются *воздуходувками* или *компрессорами*; для вентиляции они не применяются.

Вентиляторы обычно перемещают относительно чистый воздух. Для перемещения газа с температурой от 80 до 200 °С применяют вентиляторы теплостойкого исполнения (*дымососы*); для перемещения газа с температурой до 80 °С и запыленностью более 100 мг/м<sup>3</sup> или для пневматического транспортирования сыпучих и волокнистых материалов — *пылевые вентиляторы*. Номер вентилятора характеризует геометрические размеры машины. Обычно он соответствует диаметру рабочего колеса, выраженному в дециметрах.

Если вентилятор предназначен для работы со взрывоопасными газами, то корпус и рабочие колеса должны быть выполнены из однородных материалов, не дающих при соударении искр, например в компрессорных аварийные вентиляционные системы оборудуют вентиляторами и двигателями во взрывобезопасном исполнении.

Вентиляторы бывают радиальные (центробежные) и осевые. В радиальном вентиляторе направление потока воздуха на входе в рабочее ко-

лесо параллельно, а на выходе из рабочего колеса — перпендикулярно оси его вращения. В осевом вентиляторе направление потока воздуха на входе и выходе из рабочего колеса параллельно оси его вращения. Радиальные или осевые вентиляторы, конструктивно приспособленные для установки на кровле, называются крышными вентиляторами. Кроме того, промышленность выпускает осевые вентиляторы, предназначенные для размещения на потолке (потолочные вентиляторы).

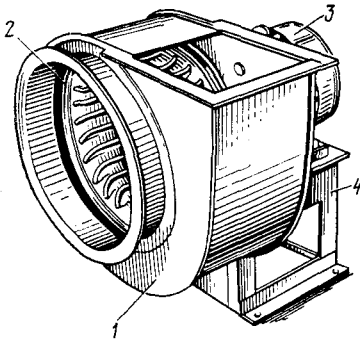


Рис. 57. Радиальный (центробежный) вентилятор:

1 — стальной спиральный кожух; 2 — рабочее колесо; 3 — электродвигатель; 4 — станина

*Радиальные вентиляторы* (рис. 57) состоят из укрепленного на станине спирального кожуха, в котором расположено рабочее колесо с лопатками.

При вращении колеса воздуху передается часть энергии двигателя, которая расходуется на создание давления и скорости. Кожух вентилятора делают из листовой стали. Рабочее колесо укрепляют на ступице и насаживают на вал со шкивом или непосредственно на вал электродвигателя. Направление вращения колеса должно совпадать с разверткой спирали кожуха. Кожух вентилятора может

быть укреплен на станине в различных положениях: входным отверстием вниз, вверх, вправо или влево. Это позволяет более рационально установить вентилятор на месте в соответствии с направлением воздушных потоков. Вентиляторы, у которых колеса вращаются по часовой стрелке (если смотреть на вентилятор со стороны расположения станины и двигателя), называются правыми, а против часовой стрелки — левыми.

Радиальные вентиляторы применяют для сложных систем, обладающих большими сопротивлениями: приточно-вытяжные общеобменные системы, котельные тяго-дутьевые установки, системы пневматического транспорта. Окружная скорость на концах лопаток рабочего колеса не должна превышать 25...30 м/с.

Радиальные вентиляторы общего назначения для обычных сред (В-Ц4-70, В-Ц4-76), пылевые (ЦП7-40), коррозионно-стойкие (В-Ц470-К) и искрозащитные (В-Ц14-46И), имеют высокие аэродинамические показатели и производительность до 200 000 м<sup>3</sup>/ч.



Осевые вентиляторы имеют высокий КПД, компактны и могут перемещать большие массы воздуха при малых противодавлениях. Их используют для больших воздухообменов при малых сопротивлениях сети. Осевой вентилятор (рис. 58) состоит из колеса с лопастями в комплекте с электродвигателем. В некоторых конструкциях колесо насаживают непосредственно на вал.

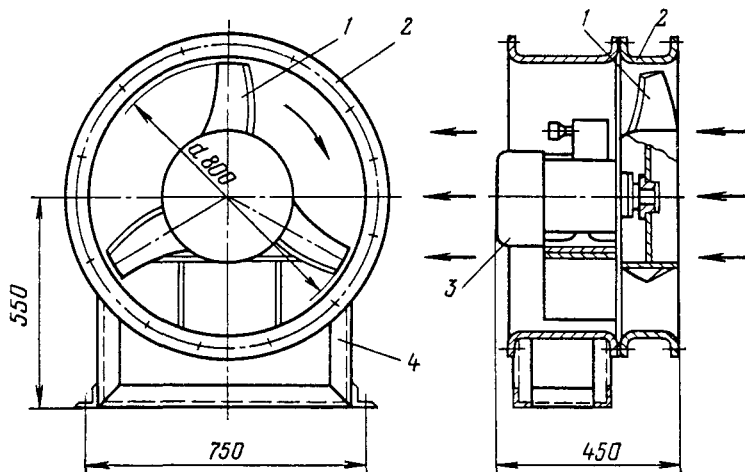


Рис. 58. Схема осевого вентилятора В-06-300:

1 — рабочее колесо с лопастями; 2 — обечайка (кожух); 3 — электродвигатель; 4 — станина

При вращении колеса лопатки перемещают воздух в осевом направлении. Лопатки делают неподвижными или наворачивающимися, прямыми и с несимметричными профилями.

Лопатки должны вращаться тупой кромкой или вогнутостью вперед, что обеспечивает максимальную производительность.

Вентиляторы, имеющие колеса с лопатками симметричного профиля, называются реверсивными. Меняя направление колеса, можно изменить направление потока воздуха. Таким образом, один и тот же вентилятор может работать на приток или на вытяжку.

Диаметр колеса в дециметрах соответствует номеру вентилятора. Промышленность выпускает осевые вентиляторы типа В-06-300 и др.

Крышные вентиляторы приспособлены для установки на кровлях зданий и служат для прямого отсоса воздуха из помещений. Рабочие

колеса могут быть центробежные или осевые. Колеса вращаются в горизонтальной плоскости на вертикальных валах (рис. 59). Вентиляторы не занимают полезную площадь в здании, не требуют длинных воздуховодов, мало расходуют электроэнергию.

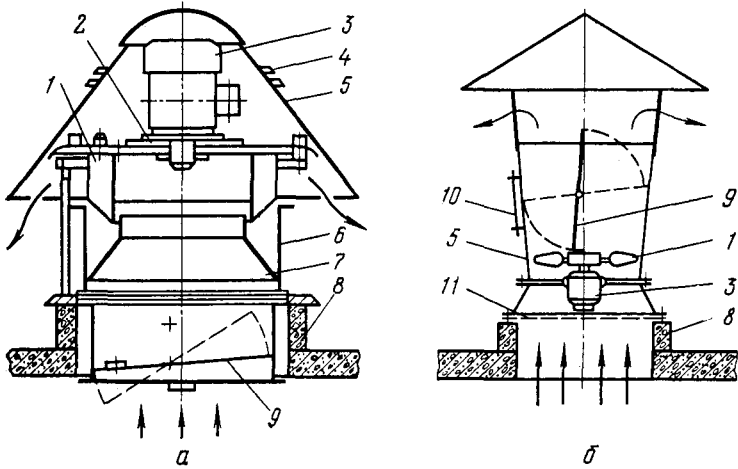


Рис. 59. Схемы крышных вентиляторов:

*а* — радиальный КПЗ-90; *б* — осевой с колесом ЦЗ-04; 1 — рабочее колесо; 2 — рама; 3 — электродвигатель; 4 — жалюзи; 5 — кожух; 6 — защитный цилиндр; 7 — коллектор; 8 — основание; 9 — самооткрывающийся клапан; 10 — люк; 11 — предохранительная решетка

Выпускают крышные вентиляторы КЦЗ-90, ЦЗ-04, КЦЗ-90Т производительностью от 3000 до 40000 м<sup>3</sup>/ч; потребляемая мощность от 0,16 до 3 кВт.

Создаваемое любыми вентиляторами полное давление  $p$  представляет собой сумму статического  $p_{ст}$  и динамического (скоростного)  $p_{дин}$  давлений.

Статическое давление расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений, возникающих при движении воздуха во всасывающей и напорной (нагнетательной) частях системы вентиляции. Динамическое давление теряется на преодоление сопротивлений при выходе воздуха из системы.

Полное давление (в Па) вентилятора:

$$P = p_{ст} + p_{дин} \quad (43)$$

Каждый вентилятор, как и центробежный насос, имеет свою индивидуальную рабочую характеристику, выражающую зависимость полного давления, мощности и КПД от объемной производительности  $L$  (м<sup>3</sup>/ч) при постоянных числе оборотов и плотности воздуха. Характеристики составляют на основании испытаний, проведенных в лабораторных условиях.

Рабочий режим вентилятора определяют по рабочей точке — точка пересечения характеристики вентилятора с характеристикой воздухопровода.

С изменением числа оборотов рабочего колеса вентилятора изменяются производительность, полное давление и мощность. Производительность пропорциональна числу оборотов в первой степени, полное давление — во второй и мощность — в третьей:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{n_1}{n_2}; \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3, \quad (44)$$

где  $L_1$  и  $L_2$  — производительность до и после изменения числа оборотов, м<sup>3</sup>/ч;  $p_1$  и  $p_2$  — полное давление до и после изменения числа оборотов, Па;  $N_1$  и  $N_2$  — мощность до и после изменения числа оборотов, Вт;  $n_1$  и  $n_2$  — числа оборотов до изменения и после.

Потребляемая вентилятором мощность (мощность на валу электродвигателя):

$$N = m \frac{Lp}{3600\eta_v\eta_n}, \quad (45)$$

где  $m$  — коэффициент, учитывающий состояние воздуха (для чистого воздуха  $m = 1$ , для воздуха, загрязненного механическими примесями,  $m = 1,2$ );  $\eta_n$  — КПД вентилятора по его характеристике;  $\eta_v$  — КПД передачи (непосредственная посадка колеса вентилятора на вал электродвигателя —  $\eta_v = 1$ , соединение валов вентилятора и двигателя при помощи муфты —  $\eta_v = 0,98$ , соединение на клиноременной передаче —  $\eta_v = 0,95$  и на плоском ремне —  $\eta_v = 0,9$ ).

Приводом для всех вентиляторов является электродвигатель. Вентилятор обычно соединяют с электродвигателем на одном валу или через клиноременную передачу. Соединение через муфту или на плоских ремнях не рекомендуется. Обычно электродвигатели поставляются заводами в комплекте с вентиляторами. Некоторые типы электродвигателей указаны в табл. 4.

Таблица 4

## Типы электродвигателей

Вентилятор	Электродвигатель		
	Тип	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Мощность, кВт
Радиальный Ц14-46 № 2; 2,5; 3, 15	4AA63A4	1500	0,25
	4A80A6	1000	0,75
	4A80B2	3000	2,2
	4A112MA6	1000	3
Радиальный Ц4-70 № 2,5; 3, 15; 4; 6	4AA56A4	1500	0,12
	4A80A2	3000	1,5
	4A112MA2	3000	7,5
	4A80A4	1000	1,1
Осевой 06-300 № 8; 10; 12,5	B80A6	1000	0,75
	4A112MB8	750	3
	BA0324	1500	3
Осевой 2,3-130 № 8; 10	4A132M4	1500	11
	4A160M6	1000	15

#### § 4. Выбор системы вентиляции, подбор и монтаж вентиляционного оборудования

Выбор системы вентиляции производственного или вспомогательного здания и помещения зависит от назначения, этажности здания, технологического процесса, массы и характера выделяющихся вредностей.

По характеру и массе выделяющихся вредностей все помещения предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности подразделяются на три основные группы: первая группа — вредные вещества в виде пыли, вторая — избыток тепла и влаги, третья — избыток тепла и влаги при сравнительно низкой температуре воздуха помещения. Например, для первой группы помещений технически и экономически целесообразной является вытяжка местными отсосами через фильтры для улавливания вредностей у места их образования. Экономическая целесообразность вытяжки через фильтры для улавливания пыли заключается в использовании уловленной пыли для производственных нужд. Системы с улавливанием пыли предусматривают в по-

мещении приготовления кормов в зоне предубойного содержания скота, в помещении дробления, размола и просеивания мясо-костной и кормовой муки, а также в пельменных цехах в мясо-жировом производстве и в помещении навешивания птицы на конвейер на предприятиях переработки птицы. В зимнее время предусматривают системы приточной вентиляции с механической порциальной подачей воздуха в верхнюю зону помещения. В летнее время осуществляется интенсивный приток воздуха через фрамуги.

Вторая группа помещений — цехи (отделения) санитарной бойни, убоя скота и разделки туш, субпродуктовые, цехи переработки птицы, обработки пера (мойки, дезинфекции, сушки). Для этой группы технически и экономически целесообразным является применение местных отсосов с дополнением механической общеобменной вытяжки из верхней зоны помещения. В зимний и переходный периоды года целесообразной является механическая сосредоточенная подача приточного воздуха в верхнюю зону с частичной подачей его в рабочую зону, в теплый период целесообразна естественная приточная вентиляция.

В третьей группе помещений недопустимо открывание фрамуг для естественного притока воздуха в теплый период, и в то же время нельзя допускать конденсацию влаги на потолке. Это следующие цехи (отделения): сырьевые, шприцовочные, фасованного мяса, полуфабрикатов, заквасочные, сырково-творожные и сыродельные, обработки сыра, соляные и прессовые, производства детских молочных продуктов и др. Их объединяет необходимость механической сосредоточенной подачи воздуха в верхнюю зону в течение всего года с некоторым охлаждением его летом. Общеобменная вытяжка из верхней зоны в некоторых из них дополняется местными отсосами (цехи обработки сыра, соляные и прессовые, производства детских молочных продуктов).

Аналогично с учетом экономической целесообразности выбирают способы и системы вентиляции для других групп производственных помещений.

Вентиляционное оборудование подбирают с помощью соответствующих номограмм, таблиц и каталогов. Вентиляторы подбирают после гидравлического расчета воздухопроводов, определения сопротивления калориферов и фильтров. При этом пользуются аэродинамическими характеристиками, составленными для каждого номера и типа вентилятора, в которых графически выражена зависимость между его производительностью по воздуху, давлением и числом оборотов рабочего колеса.

На основе индивидуальных графиков каждого вентилятора можно построить общий график, охватывающий все номера вентиляторов данного типа, — номограмму. Она позволяет выбрать тот номер вентилятора данного типа, который при одинаковых производительности и давлении имеет больший коэффициент полезного действия. Подбор вентиляторов по таблицам затрудняет такой выбор, и поэтому ими пользуются очень редко. Значение коэффициента полезного действия (КПД) вентилятора при рабочем режиме должно быть не менее 0,85. Кроме КПД, учитывают условие бесшумности работы вентилятора, зависящее от назначения здания. Например, для вспомогательных зданий и помещений по этому условию окружная скорость рабочего колеса центробежного вентилятора не должна превышать 25 м/с, а для заводских клубов — 17 м/с, при осевых вентиляторах — соответственно 35 и 25 м/с. Для уменьшения шума вентиляторы присоединяют к воздуховодам посредством эластичных вставок и устанавливают на звукопоглощающие основания.

Число оборотов рабочего колеса вентилятора следует подбирать также с учетом способа его привода от электродвигателя. При непосредственном приводе число оборотов соответствует частоте вращения электродвигателя. При отсутствии непосредственного привода при помощи шкивов и ремней можно получить любое заданное число оборотов рабочего колеса. Вентиляторы комплектуют с электродвигателями в агрегаты, соответствующие оптимальным технико-экономическим показателям. При этом используют электродвигатели следующих серий: А2 — защищенного исполнения с чугуновой станиной и шитами; АО2 — защищенного обдуваемого исполнения с чугуновой станиной и шитами, АОЛ2 — защищенного исполнения с алюминиевой станиной и шитами. Частота вращения этих двигателей от 730 до 3000 мин<sup>-1</sup>.

Требования к монтажу системы вентиляции в основном сводятся к тому, чтобы были обеспечены проектные параметры воздушной среды в вентилируемых помещениях. Для этого достигают максимальную герметизацию систем воздуховодов и оборудования, необходимую звукоизоляцию, надлежащие условия для регулировки, ремонта и замены оборудования.

Сокращения сроков выполнения монтажно-сборочных работ при их высоком качестве достигают при высокой индустриализации работ, заключающейся в использовании стандартных секций вентиляционных камер, блоков и узлов воздуховодов (звеньев воздуховодов, шиберов, дроссель-клапанов, креплений, подвесок, скоб, крон-

штейнов, фланцев) заводского изготовления или сделанных в заготовительных мастерских с соответствующим механическим оборудованием. На месте, как правило, производят только сборку изготовленных деталей с применением механизмов для перемещения заготовок и вентиляционного оборудования.

По окончании монтажа проводят пусконаладочные работы. Предварительно проверяют соответствие состава вентиляционного оборудования, размеров и расположения вентиляционной сети, регулирующих устройств чертежам. Если во время монтажа по каким-либо причинам были сделаны изменения, их вносят в исполнительные рабочие чертежи.

Смонтированную систему испытывают и регулируют с помощью приборов контроля и автоматики. Проверяют фактический расход приточного и вытяжного воздуха через каждую вентиляционную решетку или местный отсос. Затем сравнивают фактическое значение их с проектным и при необходимости регулируют соответствующими устройствами. Суммарную производительность отдельных участков системы сравнивают с общей производительностью вентилятора. Разница между значениями не должна превышать 5...10 %, она показывает степень герметичности системы. Особенно тщательно герметизируют стыки вентилятора с системой воздухопроводов и оборудования, поскольку здесь наблюдается наибольший перепад давлений внутри и вне воздухопроводов и соответственно наибольшие утечки и подсосы воздуха. Проверяют также полное давление, создаваемое вентилятором, а также давление и скорость воздуха в воздухопроводах. При отклонениях действительных значений давления и скорости от проектных проверяют частоту вращения вентилятора и двигателя тахометром, при необходимости изменяя ее заменой шкивов или электродвигателя. Проверяют балансировку колес вентиляторов, которая должна обеспечить плавную и бесшумную работу вентиляторов в системе. При наличии дебаланса производят дополнительную балансировку.

Для проверки производительности калориферов измеряют температуру воздуха до и после калориферов. Используя температуру и расход воздуха через калориферы, определяют их тепловую мощность. Одновременно измеряют температуру воды, поступающей и выходящей из калориферов, и ее массу, при теплоносителе — пар измеряют его давление. Разность между количеством тепла, отдаваемого теплоносителем и получаемого воздухом, может составлять не более 5...10 %.

## §5. Подбор вентилятора

Вентиляторы подбирают по заданной производительности и необходимому давлению (рабочему режиму). Выбранный вентилятор при рабочем режиме должен иметь КПД не менее 0,85 от максимального, указанного на его рабочей характеристике.

**Пример.** Подобрать вентилятор для подачи  $5700 \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха при сопротивлении системы воздуховодов 170 Па. Спротивление приточной камеры принято 180 Па. Тогда полное давление, которое должен развить вентилятор, составит  $p = 350 \text{ Па}$  (35 мм вод. ст.).

**Решение.** На графике (см. рис. 60)

горизонтальная линия при заданном расходе воздуха  $5700 \text{ м}^3/\text{ч}$  (левая шкала) пересекает наклонные линии с цифрами № 5 и № 4, которые соответствуют номерам вентиляторов Ц4-70. По правой шкале линия  $5700 \text{ м}^3/\text{ч}$  пересекает линии вентиляторов № 6, № 7, № 8, № 10 и № 12 (обозначены пунктиром).

Если точки пересечения линий производительности и номера вентиляторов снести по вертикалям на линию  $p = 350 \text{ Па}$ , то можно определить для всех вентиляторов КПД. Скорость вращения колеса вентилятора определяют линиями А, проходящими через расчетные точки. Вентиляторы № 4, 10 и 12 не попадают в поле характеристики и, следовательно, не годятся к установке.

Показатели отдельных вентиляторов приведены в табл. 5. Очевидно, целесообразно установить вентилятор № 6, имеющий максимальный КПД  $0,79 > 0,85 \eta_{\text{макс}}$  ( $\eta_{\text{макс}} = 0,8$ ). Вентилятор с электродвигателем соединен на клиноременной передаче.

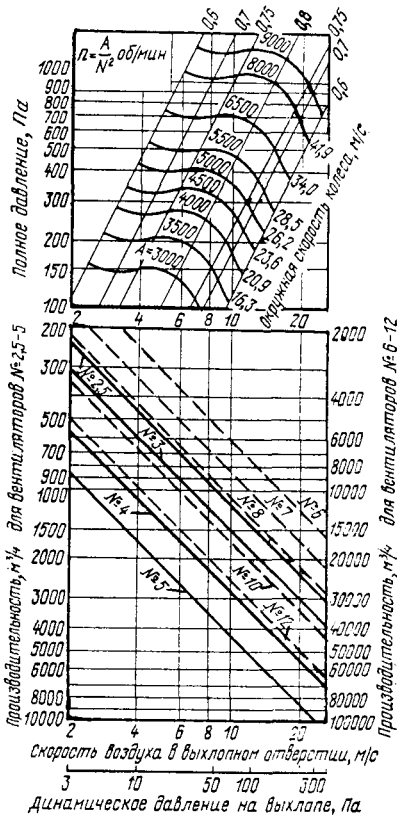


Рис. 60. Номограмма для подбора центробежных вентиляторов Ц4-70



Таблица 5

## Показатели отдельных вентиляторов

Номер вентилятора	КПД, $\eta$	Число А	Число оборотов и колеса вентилятора, $\text{мин}^{-1}$
5	0,70	5500	$\frac{5700}{5} = 1140$
6	0,79	4900	$\frac{4900}{6} = 820$
7	0,76	4600	$\frac{4600}{7} = 660$
8	0,72	4700	$\frac{4700}{8} = 590$

Мощность на валу электродвигателя определяем по формуле (45):

$$N = m \frac{Lp}{3600\eta_b\eta_n} = 1 \cdot \frac{5700 \cdot 350}{3600 \cdot 0,79 \cdot 0,95} = 0,74 \text{ кВт.}$$

Установочная мощность электродвигателя равна:

$$N_y = K_3 N = 1,3 \cdot 0,77 = 0,96 \text{ кВт,}$$

где  $K_3$  — коэффициент запаса мощности (табл. 6).

Таблица 6

## Коэффициент запаса мощности вентиляторов и насосов

Мощность на валу электродвигателя, кВт	Коэффициент запаса мощности		
	вентиляторов		насосов
	центробежных	осевых	
До 0,3	1,5	1,2	2
0,4...1	1,3	1,15	2
1,1...2	1,2	1,1	1,3
2,1...5	1,15	1,05	1,3
Более 5	1,1	1,05	1,3

По установленной мощности и скорости вращения вентилятора подбираем электродвигатель (см. табл. 4). Наиболее подходящий будет двигатель 4А80А4 мощностью 1,1 кВт при  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ .

## § 6. Эксплуатация систем вентиляции

Во время эксплуатации необходимо обеспечить постоянную эффективность и долговечность работы систем, своевременный и качественный ремонт с последующей наладкой при минимальных затратах материалов и труда.

На каждую вентиляционную систему, принятую в эксплуатацию, заводят паспорт и журнал эксплуатации. В паспорте отражают все сведения о проведенных планово-предупредительных и капитальных ремонтах и прилагают к нему копии рабочих чертежей системы с внесенными в них изменениями в процессе монтажа, а также перечень условий эксплуатации всей системы в целом и отдельных ее элементов. Паспорт составляют в двух экземплярах. Один хранится в техническом архиве предприятия, второй — в службе технического надзора за эксплуатацией вентиляционных систем.

Журнал эксплуатации является основным документом, характеризующим состояние системы. В него вносят все сведения о техническом состоянии системы на данный момент времени, о выполнении работ по обслуживанию и текущему ремонту с указанием срока, вида и места работ. Журнал ведется ответственным за эксплуатацию вентиляционной системы и хранится у главного инженера предприятия.

Состав и численность работников службы эксплуатации вентиляционных систем зависят от мощности предприятия, сложности систем вентиляции и определяются штатным расписанием. Ответственный за эксплуатацию систем составляет графики ежедневных и периодических осмотров систем, очистки воздухопроводов, фильтров, калориферов, оросительных камер от осевших на них пыли и грязи, проверки креплений и герметичности оборудования и воздухопроводов, осмотра и смазки подшипников, а главный инженер утверждает их.

На крупных предприятиях назначается штатный инженер, который составляет план проведения предупредительного и капитального ремонтов систем и руководит их выполнением, он же отвечает за эксплуатацию систем. Текущий ремонт не планируется и выполняется сменными слесарями и электромонтерами на основе результатов осмотров, записываемых в журнал эксплуатации.

Аварийный ремонт производят в случаях внезапного выхода из строя вентилятора, калориферов, фильтра. Устанавливают причину аварии, время простоя и характер ремонта записывают в журнал эксплуатации.

При изменении технологического процесса и замене в связи с этим технологического оборудования, как правило, возникает необходимость в реконструкции вентиляционной системы. Ее производят на основании технической документации, утвержденной главным инженером, а результаты реконструкции принимаются специальной комиссией с составлением акта приемки-сдачи после технических и гигиенических испытаний системы.

В целях безопасной эксплуатации все вращающиеся части вентиляционных установок должны иметь ограждения, корпуса двигателей заземлены, установлены предохранители от их перегрузок. Необходимо наличие графика работы вентиляционных систем при пожаре с автоматическим и ручным отключением тех из них, которые не должны работать.

Противопожарные мероприятия способствуют обеспечению взрывной и пожарной безопасности вентилируемых помещений. Эти мероприятия зависят от категории взрывной и пожарной опасности производства (А и Б — взрывопожароопасные, В, Г и Д — пожароопасные, Е — взрывоопасные). Большинство производств отрасли относят к категориям В, Г и Д. Исключения составляют экстракционные отделения клеевого производства, отделения приготовления лаков и эмалей, отделения по производству органолептических препаратов, относящиеся к категории А. Отделения полировочные и гранулирования клея, помещения для работы с эфиром, литографические цехи (отделения литографической жести и смыва брака, склады лаков и красок, отделения окраски оборудования), склады хранения горюче-смазочных материалов, машинные и аппаратные залы аммиачных компрессорных станций — помещения категории Б. Зарядные отделения электропогрузчиков — категория Е.

Для помещений с производством категорий Г и Д, расположенных между противопожарными стенами, рекомендуется проектировать общие системы вентиляции. Если же в помещениях с производствами категорий В, Г и Д имеются зоны с производствами категорий А, Б или Е, то общеобменная система вентиляции в этих зонах должна быть отдельной от общей системы.

Если помещения с производствами А, Б и Е с выделением вредных газов и паров повышенной опасности (1...3 классов) граничат с другими производственными вспомогательными помещениями, то производительность систем приточной вентиляции с механическим побуждением для помещений категории А, Б и Е предусматривают на 5% меньше производительности систем вытяжной вентиляции тех же по-

мешений. Это делается в целях предотвращения перехода вредных газов в соседние помещения.

В процессе монтажа, испытания, наладки и эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха применяют различные приборы контроля и автоматики.

Ручные анемометры (рис. 61, а, б) применяют для измерения скорости движения воздуха (крыльчатые — при скорости от 0,3 до 5 м/с и чашечные — от 1 до 20 м/с). Крыльчатый анемометр ставят таким образом, чтобы его ось была направлена навстречу потоку воздуха. В отличие от него чашечный анемометр устанавливают вертикально.

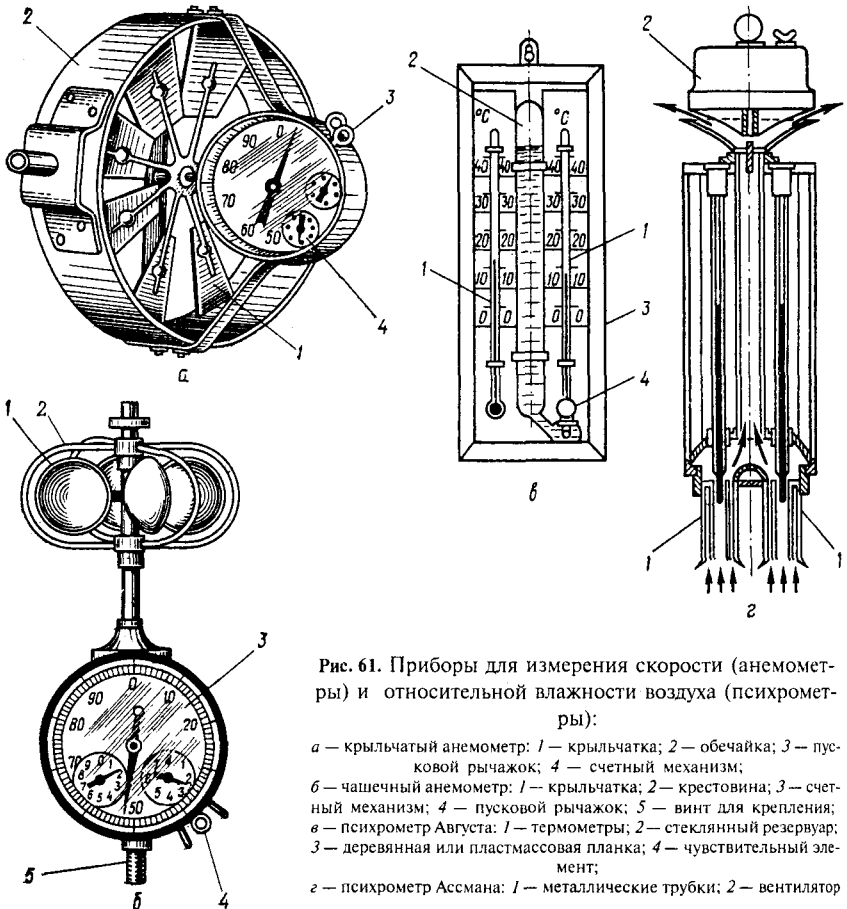


Рис. 61. Приборы для измерения скорости (анемометры) и относительной влажности воздуха (психрометры):

а — крыльчатый анемометр: 1 — крыльчатка; 2 — обечайка; 3 — пусковой рычажок; 4 — счетный механизм;

б — чашечный анемометр: 1 — крыльчатка; 2 — крестовина; 3 — счетный механизм; 4 — пусковой рычажок; 5 — винт для крепления;

в — психрометр Августа: 1 — термометры; 2 — стеклянный резервуар; 3 — деревянная или пластмассовая планка; 4 — чувствительный элемент;

г — психрометр Ассмана: 1 — металлические трубки; 2 — вентилятор

Термоанемометрами измеряют скорость движения воздуха в пределах 0,1...5 м/с. Их работа основана на измерении величины охлаждения датчиков в виде полупроводниковых микро-термосопротивлений из платиновой или вольфрамовой проволоки.

Психрометрами Августа и Ассмана (рис. 61, в, з) определяют относительную влажность воздуха. Наиболее совершенным из них является второй. Он состоит из двух термометров, резервуара, чувствительные элементы которых заключены в металлические трубки, служащие для создания вокруг них воздушного потока с постоянной скоростью 2,5...3 м/с. Воздух перемещается вентилятором, вмонтированным в корпус психрометра и приводимым в движение пружиной или электродвигателем. Для защиты от лучистого тепла трубки покрыты никелем. Чувствительный элемент одного из термометров обернут батистом, который смачивается дистиллированной водой перед началом каждого измерения, его называют мокрым термометром, второй термометр — сухим. Психрометрическая разность (разность показаний сухого и мокрого термометров) позволяет с помощью психрометрических таблиц, прилагаемых к прибору, определить относительную влажность воздуха. Она тем ниже, чем больше психрометрическая разность.

Чашечными микроанометрами и U-образным манометром с присоединением к ним пневмометрических трубок (рис. 62) измеряют давление воздуха (статическое и динамическое).

Пневмометрическую трубку ставят отверстием 1 навстречу потоку воздуха и трехходовым краном соединяют ее с трубкой манометра. Разность уровней менисков рабочей жидкости в измерительной трубке покажет на шкале делений значение, соответствующее измеряемому давлению воздуха. Соединив трехходовым краном манометр с другим шлангом, соединенным с отверстиями 2 пневмометрической трубки, можно получить разность уровней ме-

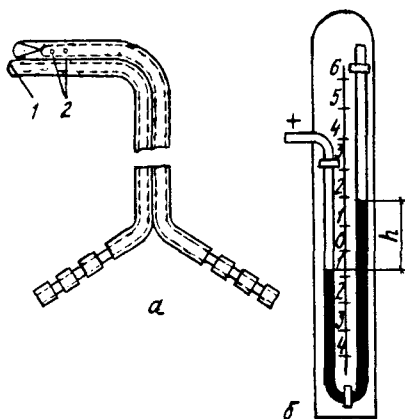


Рис. 62. Приборы для измерения статического и динамического давления воздуха: а — пневмометрическая труба: 1 — отверстие, воспринимающее динамическое давление; 2 — отверстие, воспринимающее статическое давление; б — U-образный манометр ( $h$  — разность уровней менисков рабочей жидкости, соответствующая давлению в точке измерения)

нисксов рабочей жидкости на шкале, соответствующую статическому давлению воздуха в той же точке.

Техническими и лабораторными переносными термометрами с рабочей жидкостью (ртутью или спиртом) измеряют температуру воздуха. Для поддержания параметров воздуха в помещении на заданном уровне без постоянного участия человека предназначена система автоматического регулирования (САР).

## § 7. Пример расчета приточной системы вентиляции

**Исходные данные.** Расход воздуха  $L = 40\,000\text{ м}^3/\text{ч}$ ; начальная концентрация пыли (перед фильтром)  $g_{\text{нач}} = 5\text{ мг}/\text{м}^3$ ; конечная концентрация пыли (после фильтра)  $g_{\text{кон}} = 0,5\text{ мг}/\text{м}^3$ .

Необходимо выполнить схему вентиляции, подобрать воздушный фильтр, определить диаметры воздуховодов и подобрать вентилятор.

**Решение.** Схему вентиляционной системы выполняют в соответствии с размерами производственного здания (рис. 63).

Устанавливают две приточные вентиляционные системы с одинаковой производительностью под потолком, подвешивая их к балкам покрытия по длине здания. Вентилятор, калорифер, фильтр размещают в приточной камере на антресолях. Расстояние между приточными отверстиями принимают равным 6 м, за исключением двух первых и одного последнего участков, считая от приточной камеры (1—2, 2—3 и 10—11), имеющих отклонение от указанного расстояния (см. рис. 63 и табл. 7).

Для подбора воздушного фильтра вычисляют его требуемую эффективность  $\epsilon$  по формуле (32):

$$\epsilon = \frac{g_{\text{н}} - g_{\text{к}}}{g_{\text{н}}} \cdot 100\% = \frac{5 - 0,5}{5} \cdot 100\% = 90\%.$$

По найденному значению и начальной концентрации пыли выбирают масляный самоочищающийся фильтр КдМ-2006 К с параметрами  $g = 10\text{ мг}/\text{м}^3$ ,  $\epsilon = 95\%$ ,  $L_{\text{уд}} = 10000\text{ м}^3/\text{ч}$ , рабочая поверхность фильтра  $F = 20\,000/10\,000 = 2\text{ м}^2$ , сопротивление фильтра 100 Па.

Диаметры круглых воздуховодов определяют по формуле (37) или по номограмме (рис. 64). Все результаты расчетов заносят в таблицу (см. табл. 7).



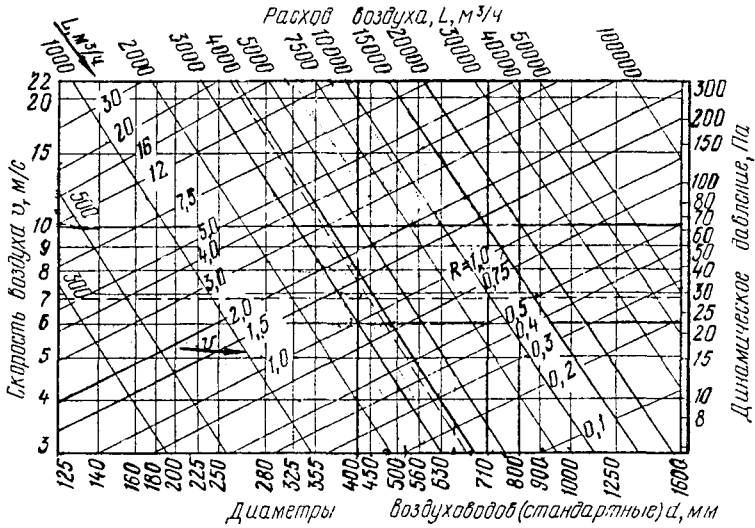


Рис. 64. Номограмма для расчета круглых стальных воздуховодов

Таблица 7

Образец заполнения таблицы с результатами

№ участка	Длина участка, м	Расход воздуха по участку, м³/ч	Расчетная скорость воздуха, м/с	Диаметр воздуховода, мм	
				расчетный	стандартный
1—2	2	20000	13	740	710
2—3	4	18000	12	721	710
3—4	6	16000	11	719	710
4—5	6	14000	10	704	710
5—6	6	12000	9	688	710
6—7	6	10000	8	667	630
7—8	6	8000	7	637	630
8—9	6	6000	6	597	630
9—10	6	4000	5	534	560
10—11	5	2000	4	422	400

Вентилятор подбирают по расходу воздуха, приходящемуся на одну вентиляционную установку, и полному давлению, которое должен развивать вентилятор для преодоления фильтра, калорифера и возду-



ходов. Для сокращения объема расчетных работ суммарные потери давления в данной системе необходимо принять равными 600 Па.

По номограмме (рис. 60, с. 194) находят точку пересечения шкалы полного давления (отметка 600) и линии максимального значения КПД вентилятора (0,8), из точки их пересечения опускаясь по вертикали до пересечения со шкалой производительности вентилятора 20 000 м<sup>3</sup>/ч. Точка пересечения попадает на пунктирную линию № 10. Следовательно, надо принять к установке вентилятор Ц4-70 № 10.

## **Глава 6. Системы водоснабжения**

### **§ 1. Классификация и устройство систем водоснабжения**

Предприятия мясной, молочной и рыбной промышленности, даже небольшой мощности, оборудуют системами водопровода. Вода необходима для хозяйственных, санитарных, производственных и противопожарных целей.

Снабжение водой и отвод сточных вод наиболее целесообразно осуществлять по централизованным системам водопровода и канализации, которые представляют собой сложные инженерные сооружения.

Большинство предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности обеспечиваются водой из центральных водопроводов.

Системой водоснабжения называют комплекс инженерных сооружений для забора, очистки и подачи воды к потребителю. В полный комплект сооружений входят водозаборные сооружения, насосные станции, очистные сооружения, напорно-регулирующие емкости, сети наружных и внутренних трубопроводов. В зависимости от местных условий некоторые из этих сооружений могут отсутствовать. Например, если предприятие обеспечивается водой от городского водопровода, то водозаборные и очистные сооружения не устраивают.

Для городского водоснабжения используют воду из открытых водоемов (рек, озер, водохранилищ или из подземных источников).

Вода из открытых водоемов содержит болезнетворные бактерии и различные примеси, поэтому требует очистки и обеззараживания. Подземные воды обычно такой обработки не требуют. При проектировании систем городского водоснабжения учитывают предъявляемые к ней технические и экономические требования: 1) обеспечение нужд города в воде в часы максимального ее потребления; 2) устройство магистральных и внутриквартальных водопроводных сетей, обеспечивающих снабжение водой всех вводимых в эксплуатацию объектов; 3) низкую стоимость воды, поступающей к потребителям; 4) создание эксплуатационной службы, задачей которой является обеспече-

ние требуемого санитарно-гигиенического и технического уровня водоснабжения города.

Забор воды из реки (рис. 65) обычно осуществляется выше (считая по течению реки) населенных пунктов или промышленных предприятий, что уменьшает загрязнение поступающей в водоприемник 1 воды.

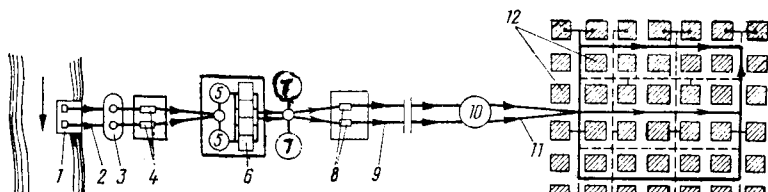


Рис. 65. Схема городского водоснабжения

Затем она по самотечному трубопроводу 2 поступает в береговой колодец 3 и насосами первого подъема 4 направляется в отстойники 5, где из воды выпадает большая часть содержащихся в ней взвешенных веществ. Ускорения процесса осаждения взвесей достигают добавлением в воду коагулянтов — химических веществ, вступающих в реакцию с содержащимися в воде солями, в результате чего образуются хлопья, которые быстро осаждаются в воде и увлекают за собой взвешенные частицы. Далее вода самотеком поступает на очистные сооружения 6, где сначала фильтруется через слой зернистого материала (кварцевого песка) в фильтрах, а затем обеззараживается добавлением в нее жидкого хлора. Часто для этой цели применяют озонаторные установки, которые оказывают большее бактерицидное действие и придают воде более высокие вкусовые качества, чем ее хлорирование (озон получают из воздуха посредством электрических разрядов).

Очищенная и обеззараженная вода стекает в запасные резервуары 7, откуда насосы второго подъема 8 нагнетают воду в магистральные водоводы 9, водонапорную башню 10 и далее через магистральные 11 и распределительные 12 трубопроводы вода поступает в здания к потребителям. В крупных городах может быть не один, а несколько источников водоснабжения. Их обычно объединяют одной городской водопроводной сетью.

Городские водопроводные сети устраивают из стальных, напорных, чугунных, железобетонных и асбестоцементных труб. Оборудованием этих сетей являются задвижки, служащие для выключения от-

дельных участков сети на случай ремонта или аварии, пожарные гидранты, служащие для получения через них воды для тушения пожаров, и водоразборные колонки.

Хозяйственно-питьевые водопроводы при диаметре труб не более 100 мм допускается устраивать тупиковыми (в виде ряда отдельных ответвлений). При больших диаметрах сети ее устраивают кольцевой, состоящей из нескольких замкнутых колец; кольцевая сеть обеспечивает бесперебойное снабжение водой всех потребителей и при повреждении ее в какой-либо точке.

Водопроводные сети обычно располагают на проездах параллельно линиям застройки. Заглубляют их так, чтобы вода в них не замерзала при низкой температуре наружного воздуха.

Глубина заложения трубопроводов сети должна быть на 0,5 м ниже максимальной глубины промерзания грунта в данном месте, считая до низа трубы.

На предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности вода расходуется на производственные (технологические), хозяйственно-бытовые и противопожарные цели. В соответствии с этим различают централизованные системы раздельного водоснабжения: *производственные, хозяйственно-питьевые и противопожарные.*

Каждая система представляет собой самостоятельное сооружение. В некоторых случаях устраивают объединенные системы: производственно-хозяйственные, хозяйственно-питьевые-противопожарные или единые системы для всех видов водоснабжения. Предприятия, расположенные в городах, можно снабжать водой от городского водопровода или от собственной системы водоснабжения (например, от артезианской скважины). Кроме того, различают прямоточное и обратное (замкнутое) водоснабжение. В *прямоточных системах* вода, израсходованная на технологические процессы, мойку помещений и оборудования, для душевых и санузлов, сбрасывается в канализацию. Системы с многократным использованием воды называют обратными. *Оборотные системы* применяют для конденсаторов холодильных и барометрических установок, вакуум-аппаратов, моечных машин.

На предприятиях пищевой промышленности используют главным образом питьевую и частично техническую воду. Питьевая вода применяется в производственных и хозяйственно-питьевых водопроводах. В обратных системах холодильных установок и барометрических конденсаторов, для полива территории, тушения пожаров может быть использована техническая вода.

Противопожарные водопроводы подразделяют на водопроводы *высокого* и *низкого* давлений. В наружных водопроводах первого типа давление в противопожарных кранах, необходимое для подачи воды при тушении пожара, создается специальными стационарными насосами. В водопроводах второго типа давление обеспечивает городская насосная станция.

Обычно на предприятиях устраивают единую систему водоснабжения, присоединяют ее к городскому водопроводу или к водопроводу, снабжающему питьевой водой соседние предприятия. Иногда сооружают водонапорные башни и подземные запасные резервуары для создания оперативного запаса.

Резервуары размещают в зоне водоразборного узла или на специальном участке в пределах территории предприятия.

## **§2. Нормы водопотребления и требования к качеству воды**

Расходом воды называют количество воды, потребляемое предприятием в единицу времени.

Расход воды зависит от мощности предприятия, его оснащенности технологическим и санитарно-техническим оборудованием, климатических условий и пр. На крупных предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности расход воды достигает 4 тыс. м<sup>3</sup> в сутки. Например, мясная отрасль промышленности России является довольно крупным потребителем воды. На ее нужды расходуется более 150 млн м<sup>3</sup> воды в год, т. е. 16...25 м<sup>3</sup> на каждую тонну вырабатываемой продукции. В процессе производства сточные воды образуются в количестве 70...90 % от объема потребления.

Расход воды предприятия определяют по нормам водопотребления на производственные, хозяйственно-питьевые и противопожарные нужды. Нормой расхода воды называют количество воды, отнесенное к единице оборудования, единице вырабатываемой продукции или расходуемое одним человеком и т. д.

Нормы расхода воды на производственные нужды (технологические процессы, охлаждение и мойка оборудования, мытье полов и пр.) устанавливаются технологическими моделями проектирования.

В целях сокращения расхода воды на производственные нужды, как правило, применяют системы повторного и оборотного во-

доснабжения. Нормы водопотребления предприятий приведены в прил. 7, с. 326.

Расход воды на поливку территории, в столовых, для душевых помещений и ножных ванн учитывают дополнительно.

Нормы расхода воды санитарными приборами, на смывку полов, поливку территории, зеленых насаждений приведены в прил. 8, с. 327.

Смывку полов производят, как правило, в конце каждой смены. В цехах с небольшим загрязнением полов (например, цехи консервирования шкур, разведения рассола, аппаратные цехи городских молочных заводов, экспедиции) норма расхода воды составляет 3 л на 1 м<sup>2</sup> площади поверхности пола. В цехах с сильным загрязнением полов и панелей (например, цехи убоя и разделки туш, кишечный, субпродуктовый, переработки крови и пищевых жиров) норма расхода равна 6 л на 1 м<sup>2</sup> и, кроме того, допускается дополнительная смывка полов в течение смены (норма 3 л на 1 м<sup>2</sup>).

Расход воды на внутреннее пожаротушение установлен 3,0 л/с на одну струю; на наружное пожаротушение (минимальный) для производственных помещений до 36 л/с.

Следует иметь в виду, что внутренний противопожарный водопровод устраивают в зданиях с взрывопожароопасными и пожароопасными производствами (категории А, Б и В). К ним относятся, например, машинные и аппаратные залы аммиачных компрессорных станций, отделения дробления и просеивания кормовой муки, переработки перо-пухового сырья, восстановления сухого молока, цехи сушки молока, крови.

В производственных зданиях I и II степени огнестойкости с производствами категорий Г и Д, к которым относится большинство современных предприятий мясной и молочной промышленности, а также в животноводческих и птицеводческих зданиях (за исключением птичников, оборудованных сгораемыми клетками), внутренний противопожарный водопровод не предусматривают.

Расчетные расходы воды используют при определении диаметров водопроводных и канализационных трубопроводов, подборе насосов, запасных и регулирующих емкостей, а также другого водопроводно-канализационного оборудования.

Подсчитав расход воды на производственные и хозяйственно-питьевые нужды в течение часа, приступают к составлению графика водопотребления. Составляют общий график водопотребления и отдельно графики потребления воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды (рис. 66).

Самая большая потребность в хозяйственно-питьевой воде наблюдается на стыке смен.

Вода в течение суток, недели, месяца и года потребляется неравномерно, поэтому для расчетов расхода воды используют коэффициент неравномерности водопотребления  $k$  (часовой, суточной, месячной, годовой):

$$k = \frac{Q_{\text{макс}}}{Q_{\text{ср}}}, \quad (46)$$

где  $Q_{\text{макс}}$  — максимальный расход воды;  $Q_{\text{ср}}$  — средний расход воды.

Коэффициент суточной неравномерности хозяйственно-питьевого водопотребления на промышленных предприятиях принимают равным единице. Коэффициент часовой неравномерности потребления производственной воды бывает различным (от 2,3 до 3) и зависит от технологии и оборудования предприятия.

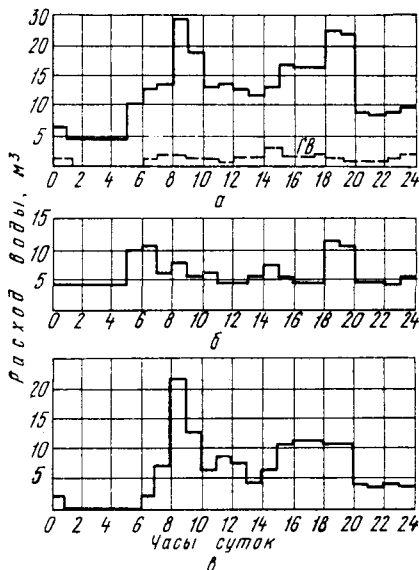


Рис. 66. Графики водопотребления:  
 а — водопотребление по всему заводу (ГВ — расход горячей воды); б — водопотребление, кроме технологических нужд; в — водопотребление на технологические нужды

### §3. Наружный водопровод

Наружным водопроводом называют сложный инженерный комплекс, состоящий из водоисточника, водозаборных устройств, насосных станций, сооружений для очистки (обработки) воды, сети трубопроводов (как правило, подземных), запасных и регулирующих емкостей (водонапорные баки, резервуары). Наружный водопровод оснащают контрольно-измерительными приборами и средствами автоматики.

Различают поверхностные и подземные источники водоснабжения. К поверхностным источникам относят реки, озера, водохранили-

ша; к подземным — грунтовые (безнапорные) и артезианские (напорные) воды.

Поверхностные воды содержат минеральные и органические примеси, растительные остатки и микроорганизмы. Эти воды обрабатывают на очистных сооружениях.

Подземные воды залегают у поверхности земли или на больших глубинах. Поры водоносных грунтов (песок, супеси, гравий) могут быть обильно насыщены водой, поступающей с поверхности земли. Водоупорные (глинистые или суглинистые) грунты содержат очень мало воды и плохо ее фильтруют. Подземные воды, скапливающиеся у поверхности земли в верхних водоносных слоях, подстилаемых водоупорными пластами, называют грунтовыми (безнапорными). Безнапорные воды сильно загрязнены и для централизованного водоснабжения непригодны.

Если водоносный пласт расположен между глинистыми водоупорными слоями и полностью насыщен водой, то на пониженных участках вода будет находиться под давлением больше атмосферного. В таких местах можно пробурить артезианскую скважину. Артезианская вода имеет хорошее качество, наиболее надежна в санитарном отношении и может быть использована для хозяйственно-питьевых нужд, как правило, без обработки.

При выклинивании напорных водоносных пластов на поверхность земли образуются естественные выходы подземных вод, называемые родниками или ключами.

Выбор источника водоснабжения и оценку качества воды для централизованного водоснабжения осуществляют в соответствии с требованиями ГОСТ.

При выборе источника водоснабжения проводят гидрогеологические изыскания для определения глубины залегания и мощности водоносных слоев (горизонтов) и исследуют качество воды.

Водозаборные сооружения (водозаборы) разнообразны по конструкции. Наиболее распространены береговые, русловые, инфильтрационные и другие водозаборы.

Место для водозаборных сооружений выбирают так, чтобы была обеспечена их бесперебойная работа в течение круглого года. Водозабор на реке располагают выше населенного пункта или промышленных предприятий, где речная вода меньше загрязнена. Длина водоводов от источника до очистных сооружений и потребителей должна быть минимальной. При выборе места водозаборного узла учитывают



топографические и гидрогеологические условия. Водозаборные сооружения не должны затопляться паводками и заноситься наносами.

Береговые водозаборы устраивают на крутых берегах около глубоких мест. Если берег болотистый, то насосную станцию располагают в удалении от берега на высоком месте, а воду подводят по самотечному каналу или трубопроводу.

Русловые водозаборы оснащают самотечной линией и отдельной насосной станцией. Самотечную линию и окна в приемном колодце располагают так, чтобы вода не поступала к приемному каналу даже при понижении уровня в летний период до уровня самого низшего горизонта воды.

Инфильтрационные водозаборы применяют для сбора подрусловых вод, профильтровавшихся через толщу грунта в шахтный колодец. Подрусловая вода имеет хорошее качество и ее можно использовать для хозяйственных и производственных целей. При некоторых гидрогеологических условиях вода настолько хорошо осветляется, что дополнительной обработки и дезинфекции не требуется. Низкая температура воды позволяет применять ее в охлаждающих аппаратах. Подрусловые воды можно собирать горизонтальными водосборными дырчатыми трубами или галереями, прокладываемыми вдоль берега водоисточника на определенной глубине в зоне фильтрации. По трубам вода стекает в сборный колодец и извлекается насосом на поверхность.

Для сбора и подъема подземных вод на поверхность сооружают шахтные и трубчатые колодцы, оборудованные водоподъемными устройствами. Шахтные колодцы предназначены для захвата воды с глубины 10...20 м, трубчатые — с глубины от 20 до нескольких сотен метров.

Шахтные колодцы целесообразно делать бетонными и железобетонными. Для этого используют изготовленные заводским способом сборные элементы в виде колец высотой 1 м. Сооружают колодцы опускным способом. Если один колодец не обеспечивает предприятие требуемым количеством воды, то сооружают несколько вспомогательных колодцев.

Производительность некоторых скважин достигает 80...90 л/с в зависимости от мощности водоносных слоев и других условий.

Трубчатые колодцы (или буровые скважины) устраивают для забора воды с больших глубин, измеряемых десятками и сотнями метров. При бурении земляные стенки скважин укрепляют стальными обсадными трубами. Колодец состоит из верхней части (устья, или оголовка) и нижней (забоя).

Артезианская вода используется в холодильных установках. Оголовок скважины герметизируют для защиты от проникновения в нее грязи, пыли, поверхностных стоков и т. д. В нижней части трубчатого колодца устанавливают фильтр, через который вода поступает в скважину. Фильтры (дырчатые, шелевые, сетчатые, гравийные и пр.) задерживают содержащиеся в воде мелкие минеральные частицы.

Количество артезианских скважин или шахтных колодцев определяют с учетом местных гидрогеологических условий и потребности предприятия в свежей воде.

Для защиты от внешних загрязнений около водоисточника и водозаборных сооружений создают трехпоясную санитарную зону. На территории первого пояса запрещается всякая хозяйственная деятельность, а также купание. В зоне второго пояса все виды строительства должны быть согласованы с органами санитарно-эпидемиологической службы. Запрещается сброс загрязняющих веществ в водоем и на поверхность почвы. В третьем поясе организуют наблюдения за инфекционными заболеваниями.

Границы санитарных зон устанавливают в зависимости от местных гидрологических и топографических условий.

## §4. Насосные станции

В водопроводных насосных станциях размещают насосы, контрольно-измерительные приборы, арматуру, электрооборудование для управления работой насосной станции. Насосные станции по расположению в общей схеме водоснабжения различают первого подъема, второго подъема, повысительные и циркуляционные.

Насосные станции *первого подъема* подают воду из водоисточника на очистные сооружения.

Насосная станция *второго подъема* подает воду из резервуара чистой воды в водонапорную башню или к потребителям.

Повысительные насосные станции повышают давление в водопроводной сети (при больших расстояниях давление в водопроводе падает).

Циркуляционные насосные станции в промышленных водопроводных сетях обеспечивают подачу отработавшей воды на охлаждение и охлажденной воды на предприятие.

На станциях устанавливают не менее двух рабочих насосов и один или более запасных.

При заборе глубинной воды функцию насосов первого подъема выполняют водоподъемные насосы в скважинах.

Для подъема из водоисточников и перемещения воды по трубопроводам применяют различные типы насосов (поршневые, пропеллерные, центробежные и др.), а также эрлифты, гидроэлеваторы. Наибольшее распространение на предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности получили центробежные насосы.

Насосы, электродвигатели, приборы для измерения давления, вакуума и расхода воды, запорную и предохранительную арматуру монтируют в специальном помещении, которое называют насосной станцией. В ряде случаев насосные установки располагают в производственных зданиях для обслуживания соответствующего оборудования.

Центробежные насосы с горизонтальным расположением вала применяют для забора воды из открытых водоемов. Они могут создавать высокие давления и обеспечивать подачу больших количеств воды. Центробежные насосы (а также пропеллерные) имеют ограниченную высоту всасывания, поэтому непригодны для непосредственного подъема воды из глубоких колодцев. Выпускают насосы в разнообразном конструктивном исполнении: одно- и многоступенчатые (одно- и многоколесные), с вертикальным и горизонтальным разъемом корпуса, одно- и двустороннего всасывания, лопастные, вихревые и пр.

Многоступенчатые насосы имеют несколько рабочих колес, каждое из которых последовательно сообщает воде дополнительную энергию, в результате чего создается большое давление.

Центробежный горизонтальный насос состоит из улиткообразного чугунного корпуса с входными и выходными патрубками, рабочего колеса с лопастями, расположенного внутри корпуса, и электропривода. При вращении рабочего колеса жидкость центробежной силой отбрасывается от центра к стенкам корпуса и под высоким давлением, через выходной патрубок, поступает в напорный трубопровод. В центре корпуса создается разрежение, и вода под действием атмосферного давления непрерывно засасывается через входной патрубок.

Перед пуском в работу полость корпуса насоса заливают водой, чтобы при вращении колеса насоса образовался необходимый вакуум. Иногда насосы устанавливают ниже горизонта воды в источнике с тем, чтобы корпус насоса был под заливом. Это особенно целесообразно при работе автоматических насосных установок. В некоторых

случаях вакуум в корпусе создают специальным воздушным насосом или эжектором.

Центробежные артезианские скважинные насосы служат для подъема воды из глубоких буровых скважин.

Промышленностью выпускаются скважинные насосы с трансмиссионным валом и электродвигателем, расположенным на поверхности земли, а также насосы с погружным двигателем.

Насосы с трансмиссионным валом предназначены для перекачки питьевой и технической воды при содержании минеральных примесей до 0,5 %. Центробежный насос устанавливают в скважине ниже уровня воды, а электродвигатель — на поверхности земли. От двигателя к насосу внутри нагнетающей трубы расположен трансмиссионный вал, передающий крутящий момент рабочим колесам насоса. Вода поступает в насос через сетку-фильтр, предохраняющую от попадания крупных частиц грунта.

Насосы погружного типа монтируют с электродвигателем в один агрегат и погружают в скважину. Электрическая энергия поступает по кабелю. При работе насоса вода по нагнетающей трубе транспортируется в систему водоснабжения.

Технические характеристики некоторых насосов даны в прил. 9, с. 328.

Центробежные насосы приводятся во вращение электродвигателями. Наиболее целесообразно соединение насоса и электродвигателя на одном валу.

Мощность электродвигателя  $N$  (кВт) для насоса определяют по формуле

$$N = \frac{Gp}{1000\eta_n\eta_h}, \quad (47)$$

где  $G$  — объемная производительность насоса, м<sup>3</sup>/ч;  $p$  — полное давление насоса, кПа;  $\eta_n$  — КПД передачи;  $\eta_h$  — КПД насоса.

Полное давление насоса:

$$p = 9,81(h_b - h_n) + \sum p_r, \quad (48)$$

где  $h_b$  и  $h_n$  — геодезические высоты всасывания и нагнетания, м;  $\sum p_r$  — сумма потерь давления во всасывающем и нагнетающем трубопроводах, кПа.

Эрлифты применяют для подъема воды, содержащей много песка, из буровых скважин. Эрлифт состоит из компрессора, сборного резер-

вуара для воды и двух труб, опущенных в скважину, — водоподъемной диаметром 50...200 мм и воздушной 15...75 мм.

Воздушную трубу располагают внутри подъемной или рядом с ней. При подаче сжатого воздуха в водоподъемную трубу образуется водно-воздушная эмульсия, плотность которой значительно меньше плотности воды. Эмульсия вытесняется по подъемной трубе и изливается в сборный резервуар. Чем глубже эрлифт погружен в воду и чем больше подается воздуха, тем выше подъем воды. Чтобы поднять воду на высоту 50 м, необходимо затратить около  $7 \text{ м}^3$  воздуха на  $1 \text{ м}^3$  воды. Эрлифты имеют низкий КПД (0,15...0,25), но они надежны в работе.

Гидроэлеваторы, или водоструйные насосы, применяют для подъема воды из шахтных или трубчатых колодцев. Схема гидроэлеватора и принцип действия аналогичны элеваторам, применяемым в системах теплофикации. Воду в гидроэлеватор подают с помощью центробежных насосов, устанавливаемых на поверхности земли.

Гидроэлеваторы имеют КПД, равный 0,1...0,3; производительность их не превышает  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

## §5. Гидравлический расчет наружных водопроводов

Гидравлическим расчетом определяют внутренние диаметры и потери давления в них при транспортировке заданного расхода воды.

Внутренний диаметр  $d$  трубы можно определить из уравнения равномерного движения потока

$$G = FV, \quad (49)$$

где  $G$  — объемный расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $V$  — скорость потока воды,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $F$  — площадь живого сечения потока воды в трубе,  $\text{м}^2$  ( $F = \pi d^2/4$ ).

Преобразуя уравнение, определяют

$$d = 1130 \sqrt{\frac{G}{V}}, \text{ мм.} \quad (50)$$

Диаметр труб прямо пропорционален расходу воды и обратно пропорционален скорости потока. Чем больше скорость, тем меньше диаметр и меньше капитальные затраты. Но при этом повышаются экс-

плуатационные расходы, так как для создания высоких скоростей потребуются значительные затраты энергии.

Стоимость строительства и эксплуатации водопроводов получается минимальной, если в расчете принята скорость движения воды в трубах, равная 1...2 м/с.

Определив диаметр труб, вычисляют потери давления на преодоление гидравлических сопротивлений для того, чтобы подобрать насос. Гидравлические сопротивления в наружных водопроводах состоят в основном из потерь на трение  $p_t$  (кПа). Местные сопротивления можно не учитывать, так как они составляют незначительную величину по сравнению с  $p_t$ .

Потери на трение определяют по расчетным таблицам, а также по формуле:

$$p_t = C \cdot A \cdot l \cdot G^2, \quad (51)$$

где  $C$  — коэффициент, учитывающий скорость движения воды в трубах;  $A$  — удельное сопротивление трению в трубах;  $l$  — длина расчетного участка трубопровода, м;  $G$  — объемный расход воды по расчетному участку, л/с.

Значения  $A$  и  $C$  для чугунных труб приведены ниже:

Скорость движения воды, м/с	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2 и более
$C$	1,2	1,15	1,115	1,085	1,06	1,4	1,035	1,015	1,6
$d$ , мм	100	125	150	200	250	300			
$A$	0,003391	0,001035	0,000395	0,000086	0,0000264	0,00000986			

Расчет замкнутых кольцевых водопроводов сложнее, чем тупиковых. Сначала намечают направление потоков воды по отдельным участкам и определяют расчетные расходы воды с учетом водопотребления по данному участку и транзитных расходов для следующих участков. Затем подбирают диаметры и вычисляют потери давлений. Методы расчета кольцевых водопроводов указаны в специальной литературе.

## §6. Обработка воды

На предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности для производственных целей, если вода вступает в контакт с пищевы-

ми продуктами, а также в пастеризационно-охладительных установках, используют только питьевую воду.

Так как поверхностные воды содержат определенное количество растворимых и нерастворимых примесей, микроорганизмов, в том числе болезнетворных, а подземные источники — минеральные вещества (железо, йод, бром, стронций, соли кальция и магния и др.) и газ, то, чтобы вода отвечала требованиям ГОСТ «Вода питьевая», ее подвергают очистке и специальной обработке.

Метод очистки воды и состав очистных сооружений зависят от качества забираемой воды, назначения водопровода, производительности очистных сооружений и местных условий.

Основными методами очистки воды являются осветление отстаиванием и фильтрацией и обеззараживание (дезинфекция).

Очистку воды производят на очистных станциях. На них устанавливают отстойники, коагуляторы, фильтры, фтораторы, хлораторы, оборудуют реагентное хозяйство. Очистные сооружения, как правило, располагают так, чтобы вода могла передаваться из одного сооружения в другие самотеком.

Процесс отстаивания заключается в осаждении имеющихся в воде взвешенных частиц. Для улучшения этого процесса в воду добавляют химические реагенты — коагулянты (сернокислый глинозем  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ , хлорное железо  $FeCl_3$ , высокомолекулярные флокулянты, например полиакриламиды, и др.). Приготовление коагулянта осуществляют в установках, называемых реагентным хозяйством.

Раствор коагулянта тщательно перемешивают с очищаемой водой в смесителях. Далее вода попадает в камеру хлопьеобразования, затем направляется в отстойник. В отстойнике выпадают хлопья взвешенных частиц и вода осветляется. Смесители, камеры хлопьеобразования и отстойники представляют собой железобетонные резервуары.

При фильтрации очищаемую воду пропускают через слой мелкозернистого фильтрующего материала (кварцевый песок, гравий, дробленый антрацит), где происходит осаждение механических примесей. Для бесперебойной и надежной фильтрации устанавливают два или более фильтров. Различают скорые и медленные фильтры. Скорыми фильтруют воду, обработанную коагулянтами и обезжелезиваемую. Скорые фильтры подразделяют на открытые (самотечные) и закрытые (напорные).

Скорые открытые фильтры представляют собой железобетонный резервуар с двойным днищем. Верхнее днище является дренажным

устройством для спуска профильтрованной воды (фильтрата) и поддерживает фильтрующий слой. Фильтрат собирается между днищами, после чего по трубопроводу его отводят в резервуар чистой воды через обеззараживатель. Для фильтрующей загрузки самотечных фильтров применяют кварцевый песок крупности 0,8...2,5 мм. Толщина слоя зависит от крупности песка и бывает 0,7...2 м. Скорость фильтрации 6...10 м/ч.

Применяют также открытые фильтры с двумя фильтрующими слоями. Верхний слой из дробленого антрацита, нижний — из кварцевого песка. Производительность двухслойного фильтра почти в 2 раза больше однослойного. Вода из фильтра вытекает через дренажное устройство. Это устройство может быть шелевое и колпачковое. Шелевое — это система труб со шелями. Ширина шелей не более 1...1,5 мм. Колпачковый дренаж — система фарфоровых или пластмассовых пустотелых колпачков со шелями, смонтированных в дренажное дно фильтра. При чрезмерном засорении фильтра механическими примесями его промывают чистой водой в течение 4...5 мин.

Скорые закрытые фильтры включают стальной цилиндрический закрытый резервуар, колпачковое дренажное устройство и фильтрующую загрузку. Различают фильтры вертикальные и горизонтальные.

В напорный фильтр подают насосом фильтруемую воду, заполняя водой весь фильтр. Отфильтрованная вода вытекает под давлением, а промывная вода вместе с загрязнениями сливается в водосток. Фильтр периодически промывают чистой водой. При напорном фильтровании предварительного отстаивания воды не требуется.

Применяют также сверхскоростные напорные фильтры. Они работают со скоростью фильтрования до 100 м/ч.

С помощью медленных фильтров фильтруют воду, необработанную коагулянтами. Их загружают песком и гравием: создают поддерживающий слой.

В случае необходимости воду дополнительно обрабатывают (хлорируют, обеззараживают бактерицидным облучением, озонируют и т.д.).

Хлорирование — самый распространенный метод обеззараживания воды. Его осуществляют в хлораторах. Применяют хлорную известь или газообразный хлор. Хлорной известью обрабатывают воду в водопроводах небольшого дебита. Хлор с водой образует хлорноватистую кислоту. Она легко распадается на соляную кислоту и атомарный кислород, который является сильным окислителем. Он уничтожает бактерии — обладает бактерицидным действием.



При хлорировании воды газообразным хлором процесс обеззараживания происходит аналогично.

При хлорировании хлор вводят два раза: перед отстаиванием и после фильтрования. Для этого расчетную норму хлора разделяют на две части. Хлор дозируют и вводят автоматические хлораторы. В хлораторную он поступает в сжиженном виде в баллонах. Так как хлор вызывает коррозию стали, то резервуары, в которых обрабатывают воду, изготавливают из древесины или железобетона. Трубы для подачи раствора хлорной извести применяют резиновые, эбонитовые, полиэтиленовые, полихлорвиниловые. От большой дозы хлора вода приобретает неприятный запах. Такую воду дехлорируют. Для нейтрализации воды в нее добавляют аммиак, гипосульфит натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  или сернистый газ.

Кроме того, для обеззараживания применяют гипохлорит натрия, получаемый из поваренной соли электролитическим способом.

Бактерицидное облучение воды осуществляют ртутно-кварцевыми лампами высокого давления или аргоно-ртутными лампами низкого давления, смонтированными в бактерицидные установки. Лампы испускают ультрафиолетовые лучи, обладающие бактерицидными свойствами. Такие лампы называют бактерицидными и располагают их над поверхностью воды или погружают в нее. Этот способ обеззараживания наиболее перспективен, так как в воду не добавляются посторонние агенты.

Обеззараживание озонированием применяют для воды, мутность которой не превышает 15 мг/л. Озон попутно уменьшает цветность, посторонние привкус и запах воды.

В зависимости от состава примесей применяют один или несколько видов специальной обработки воды: умягчение, обезжелезивание, стабилизацию, фторирование, обесфторивание, минерализацию, обессоливание, дегазацию.

Если жесткость превышает 7 мг-экв/л, воду умягчают реагентным (наиболее распространенным известково-содовым), катионитовым способами умягчения.

Для умягчения известково-содовым способом в воду одновременно добавляют реагенты в виде раствора извести  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Известь добавляют для устранения карбонатной (временной) жесткости, а соду — для устранения некарбонатной (постоянной) жесткости. Реагенты вступают в реакцию с солями воды (соли Ca и Mg). Образуются малорастворимые в воде соединения  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,

выпадающие в осадок; для ускорения процесса выпадения осадка добавляют коагулянт — железный купорос.

Катионитовый способ умягчения воды заключается в способности катионитов обменивать ионы. Катионит связывает ионы воды (Ca, Mg), а взамен выделяет в воду натриевые или водородные ионы. Поэтому различают два типа катионитов — Na-катиониты и H-катиониты.

Установка для катионитного умягчения представляет собой скорый закрытый фильтр. Вместо кварцевого песка фильтр загружен катионитовым песком, сульфоглем, искусственными катионитами. Такие фильтры называют катионитовыми.

Катионитовые фильтры периодически промывают, пропуская воду в обратном направлении. После промывки катионит регенерируют: через катионитовый фильтр, загруженный Na-катионитом, пропускают раствор поваренной соли. H-катионит таким же способом обрабатывают раствором серной кислоты.

Обезжелезивание воды производят аэрацией, коагулированием, известкованием, катионированием (катионит — сульфогель). Наиболее удобный и экономичный способ обезжелезивания — аэрация. Для обработки этим способом воду пропускают через аэрационное устройство, контактный резервуар и скорый закрытый фильтр. В аэрационном устройстве вода насыщается кислородом. Двухвалентное железо окисляется до трехвалентного, которое образует нерастворимый в воде бурого цвета гидрат окиси железа  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Процесс образования его происходит в контактном резервуаре. Извлечение гидрата окиси железа из воды осуществляется в фильтрах.

Аэрацию воды осуществляют разными способами. Наиболее распространенными являются нагнетание воздуха в воду через дырчатые трубы, пропуск воды через контактные или вентиляторные градирни, подача воздуха во всасывающий патрубок насоса и др.

Стабилизацией воды называют такую ее обработку, при которой вода теряет способность откладывать соли и тем самым вызывать коррозию. Стабилизация важна при оборотном водоснабжении, в теплообменных аппаратах, охладительных устройствах и в системах горячего водоснабжения. Воду стабилизируют подкислением соляной или серной кислоты, рекарбонизацией углекислым газом, фосфотированием тринатрийфосфатом, суперфосфатом.

Отсутствие в организме человека фтора способствует возникновению кариеса зубов и некоторых других заболеваний. Оптимальная доза фтора в 1 л питьевой воды 0,5...1,5 мг. Воду фторируют кремнефто-

ристым или фтористым натрием, кремнефтористым аммонием на установках фторирования. Однако, концентрация фтора в воде выше нормы вредна и недопустима, поэтому в некоторых случаях подземные воды приходится обесфторировать. Обесфторирование производят на фильтрах, загруженных активированной окисью алюминия.

Для обработки воды в небольших количествах применяют комплексные установки. Такие установки успешно используют на молочных заводах.

Для приема и хранения воды, поступающей от насосных станций первого подъема, станции очистки воды, приема воды в оборотном водоснабжении, хранения регулирующего объема воды, хранения противопожарных и аварийных запасов воды сооружают запасные резервуары. Их выполняют из железобетона. Они могут быть монолитными и сборными. Для водонепроницаемости внутренние поверхности стенок и днище резервуара покрывают водонепроницаемым слоем. При объеме до 2000 м<sup>3</sup> резервуары обычно сооружают круглой формы в плане, при большем объеме — прямоугольной формы.

Резервуары закрывают слоем земли для уменьшения влияния на воду температуры воздуха. Вместимость резервуаров определяют расчетами.

## §7. Внутренний водопровод

Внутренний водопровод служит для транспортировки воды к точкам потребления — технологическому оборудованию, санитарным приборам, поливочным кранам и т.д. Устройство внутренних водопроводов обязательно для предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности при числе работающих в смену более 25 человек. Различают водопроводы для холодной и горячей воды.

Внутренние водопроводы подразделяют на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные. Обычно устраивают единый водопровод для всего предприятия. Иногда сооружают отдельный водопровод для воды технического назначения. Соединение водопроводов питьевой и технической воды не допускается.

Для устройства внутреннего водопровода применяются различные схемы (рис. 67).

Простейшая из них — схема с нижней разводкой без водонапорного бака и подкачивающего насоса. Если эта схема в дневное время не

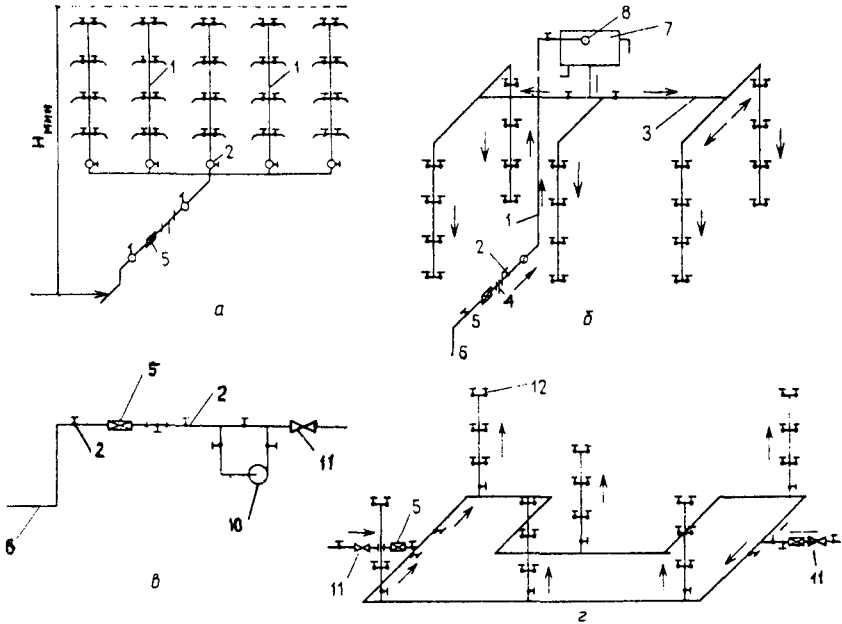


Рис. 67. Схемы внутреннего водопровода:

*a* — с нижней разводкой без подкачивающего насоса и водонапорного бака; *б* — с верхней разводкой и водонапорным баком; *в* — с подкачивающим насосом; *г* — кольцевая; 1 — стояк; 2 — запорный вентиль; 3 — разводящая (магистральная линия); 4 — тройник спуска воды из системы; 5 — водомер; 6 — ввод; 7 — напорный бак; 8 — поплавковый клапан; 10 — насос; 11 — обратный клапан; 12 — подводка

обеспечивает подачу воды в верхние этажи при падении давления в городской сети, применяют схему с верхней разводящей линией и водонапорным баком, расположенным выше водоразборных точек. Заполнение бака происходит ночью в часы минимального водоразбора. В многоэтажных зданиях подача воды в верхние этажи обеспечивается включением в схему внутреннего водопровода подкачивающего центробежного электронасоса.

Подача воды при этом гарантируется автоматическим подключением электронасоса при падении давления на вводе.

Схемы внутреннего водопровода, приведенные на рис. 67 (*a...в*), являются тупиковыми.

Внутренний водопровод может быть решен и по кольцевой схеме, позволяющей при аварии выключить поврежденный участок без прекращения подачи воды в остальные участки (рис. 67, *г*). Кольцевая

схема проектируется для пожарного водопровода, применяется в больницах и других зданиях и на предприятиях, нуждающихся в бесперебойной подаче воды.

На вводах внутреннего водопровода устанавливают водомер — прибор, учитывающий количество потребляемой воды.

Трубы внутреннего водопровода прокладывают чаще всего скрыто, вместе со стояками газоснабжения, канализации и горячего водоснабжения в специальных нишах санузлов, закрытых съемными щитами или дверцами, и в подпольных каналах. В производственных помещениях иногда применяют открытую прокладку труб.

Нижняя разводка наиболее распространена, особенно при наличии подвалов и технических подполий.

Кольцевые схемы применяют для обеспечения бесперебойной подачи воды и числе пожарных кранов более 10. На кольцевой сети должно быть не менее двух вводов.

Система внутреннего водопровода состоит из одного или нескольких водомерных узлов, разводящей сети трубопроводов с различной арматурой (водоразборными кранами, запорными и регулируемыми вентилями и задвижками) и специальных сооружений (повысительных насосных станций, водонапорных баков).

Водомерный узел (ввод) соединяет наружный водопровод с внутренним. Ввод начинается от места врезки в подземную магистраль, где устраивают колодец, в котором помещают запорную арматуру. Водомерный узел монтируют непосредственно в здании (в подвале или на 1-м этаже).

Для учета расхода воды используют водомеры. Наиболее распространены крыльчатые и турбинные водомеры, а также счетчики холодной воды типа СХВК с пределами измерений  $0,1 \dots 10 \text{ м}^3/\text{ч}$  и ВВ — от 10 до  $550 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Для начала измерения расхода по перепаду давлений используют сужающие устройства (диафрагмы) ДН-64. На водомерном узле устанавливают манометры, обратные клапаны и предохранительные устройства. После водомерного узла вода поступает в сеть внутреннего водопровода.

Для внутренних водопроводов используют стальные оцинкованные водо-газопроводные резьбовые трубы с внутренними диаметрами до 150 мм. Трубы соединяют на резьбе с помощью соединительных фитингов (тройников, крестовин, угольников и т. д.) из ковкого чугуна. Соединение труб сваркой не рекомендуется, так как при сварке оцинковка нарушается и эти места ржавеют. Допускается использо-

вать обычные черные стальные трубы (для циркуляционных производственных или противопожарных водопроводов), а также пластмассовые трубы из полиэтилена. Пластмассовые трубы дешевле и долговечнее; одна тонна пластмассовых труб заменяет, например, 5 т стальных труб при диаметре 100 мм.

Стальные трубы прокладывают открытым способом. С санитарно-гигиенической точки зрения лучше скрытая прокладка в толще стен и перекрытий, так как помещение не загромождается трубами, исключается скопление грязи и пыли, облегчается уборка помещений. Однако монтаж и эксплуатация скрытых трубопроводов значительно сложнее.

Противопожарные водопроводы часто объединяют с производственными или хозяйственно-бытовыми. Монтируют противопожарный водопровод из стальных труб. В охлаждаемых помещениях устраивают сухотрубную систему с установкой запорной арматуры и спускного крана в отопляемом помещении. При монтаже сухотрубного противопожарного водопровода трубам придают уклон к спускному крану, чтобы можно было спустить воду в нерабочий период.

Водопроводная арматура во избежание гидравлических ударов должна обеспечивать плавное перекрытие воды. Пробочные краны для водопровода не рекомендуются, следует использовать арматуру вентильного типа.

Арматуру разделяют на водоразборную и запорно-регулирующую. Водоразборная арматура (краны) предназначена для разбора воды. Краны различных типов изготовляют из бронзы, латуни с применением пластмассы и керамики (туалетные, смесители для санузлов, пожарные краны). Запорно-регулирующая арматура (вентили, задвижки) служит для отключения отдельных частей водопровода на время аварии или ремонта, а также для регулирования давления и расхода воды в сети.

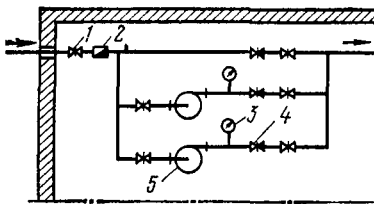


Рис. 68. Схема насосной станции (план): 1 — задвижка; 2 — водомер; 3 — манометр; 4 — обратный клапан; 5 — насос

При недостаточном располагаемом давлении в сети наружного водопровода устраивают насосные станции. Устанавливают не менее двух центробежных насосов (один из них резервный), приводимых в действие электродвигателями. Схема коммуникаций простейшей станции показана на рис. 68.

Насосную установку монтируют на отдельном массивном виброизолирующем фундаменте. Если в системе имеется запасной бак, то пуск и остановку насосов целесообразно автоматизировать. Схема автоматизации аналогична схеме перекачки конденсата в системах отопления.

Водонапорные баки устанавливают на чердачных перекрытиях или на крышах в утепленных помещениях. Баки изготавливают из железобетона или металла с гидроизолирующими покрытиями. Объем определяют расчетом.

Санитарные приборы (душевые сетки, умывальники, ножные и ручные ванны, устройства питьевого водоснабжения, унитазы и пр.) устанавливают в душевых, умывальных, уборных, в помещениях ножных и ручных ванн, в помещениях для стирки и химической чистки специальной одежды, а также на рабочих местах в производственных помещениях. Количество санитарных приборов принимают в зависимости от групп производственных процессов по СНиП 2.09.04–87 «Административные и бытовые здания» из расчета нормированного числа рабочих в наиболее многочисленной смене.

Душевые оборудуют индивидуальными смесителями холодной и горячей воды, расположенными у входа в душевую кабину. Такое расположение предотвращает возможность ожога горячей водой при пользовании смесителем. В зависимости от количества душевых сеток (четыре и более) могут применяться групповые смесители. Количество душевых сеток принимают в зависимости от числа работающих на производстве в самой большой смене.

Умывальники применяют одиночные или групповые. На предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности в основных производственных цехах, исходя из санитарно-гигиенических соображений, необходимо устанавливать умывальники с ножными или локтевыми пусковыми устройствами. По окончании мойки рабочие могут закрывать воду, не касаясь вымытыми руками загрязненных кранов.

Одиночные умывальники оборудуют смесителями горячей и холодной воды. К групповым умывальникам и умывальникам с педальным или локтевым управлением необходимо подводить теплую воду. Количество умывальников определяют из расчета 7...20 человек на один кран.

Ножные ванны предусматривают для лиц, работающих в основном стоя или в условиях малой подвижности и охлаждения. Ножные ван-

ны, оборудованные смесителями горячей и холодной воды, устанавливают в преддушевых, умывальных или гардеробных из расчета одна ванна на 50 мужчин или 40 женщин.

Если руки рабочих подвержены воздействию вибрации или постоянно соприкасаются с мокрым и холодным сырьем (продукцией), то для этих лиц предусматривают установку ручных ванн с душевыми сетками с подводкой к ним холодной и горячей воды. Количество ванн определяют из расчета одна ванна на трех человек.

В уборных устанавливают писсуары и, как правило, напольные чаши, а также умывальники. В уборных на три напольные чаши должен быть один унитаз с сидением.

В помещениях для отдыха в рабочее время устанавливают умывальники с подводкой холодной и горячей воды, устройства питьевого водоснабжения, электрические кипятильники.

Умывальники располагают также в производственных помещениях вблизи рабочих мест.

Для снабжения питьевой водой предусматривают установку автоматов, питьевых фонтанчиков, закрытых баков с фонтанирующими насадками. В горячих цехах (цехи сушки и термической обработки мясных и молочных продуктов, выпечки вафель, стерилизационный и др.) необходимы сатураторы для снабжения работающих подсолонной газированной водой.

Устройства питьевого водоснабжения размещают в основных проходах производственных помещений, в помещениях для отдыха, в вестибюлях. Расстояние от рабочих мест до питьевых устройств не должно превышать 75 м, а количество их определяют из расчета одно устройство на 100...200 человек.

Если воду нельзя использовать для питья в сыром виде, то приготавливают остуженную кипяченую воду. Температура воды для питья должна быть 8...20 °С.

## **§8. Гидравлический расчет внутреннего водопровода**

Гидравлический расчет внутреннего водопровода и насосов без регулирующих емкостей производят по максимальному секундному расходу воды, насосов с регулирующими емкостями — по расчетному часовому расходу. При этом учитывают тип и общее число водоис-



пользующих приборов на расчетном участке и вероятность их одновременного действия (коэффициент одновременности).

При гидравлическом расчете определяют внутренние диаметры труб и необходимое давление воды на вводе в здание (располагаемое или свободное), которое в состоянии преодолеть наибольшие гидравлические сопротивления в системе внутреннего водопровода.

Наибольшие сопротивления будут равны сумме гидравлических потерь давления  $\Sigma p$ , на линии трубопроводов, проложенных от ввода до наиболее неблагоприятно расположенной точки водоразбора, т. е. самой удаленной или высоко расположенной.

В отличие от наружного водопровода во внутренней сети, помимо сопротивлений трения имеется много местных сопротивлений в ответвлениях, поворотах, арматуре и т. д. Следовательно, необходимо, чтобы располагаемое давление  $p_p$  (кПа) было больше или равно сумме потерь давлений на трение и местные сопротивления:

$$p_p \geq \Sigma(p_t + p_m). \quad (52)$$

Величину  $p_t$  определяют в зависимости от расхода воды на данном участке и скорости течения. Величину  $p_m$  можно определить с учетом всех местных сопротивлений, имеющихся на трубопроводе, или принять в процентах от величины потери давления на трение по длине трубопровода в сетях водопроводов: производственного — 20, противопожарно-производственного — 15, противопожарного — 10 %.

Скорости движения воды в трубопроводах внутренних сетей не должны превышать в магистральных и стояках 1,5...2; в подводках и пожарных кранах 2,5; в спринклерных и дренчерных системах 10 м/с. Минимальные диаметры условного прохода подводок к большинству санитарных приборов принимают равными 10 мм.

Расходы воды по отдельным участкам определяют на основании норм водопотребления производственным и санитарно-техническим оборудованием. Для вычисления расходов необходимо составить пространственную схему водопровода. В целом расчет внутреннего водопровода аналогичен расчету наружного водопровода. Если в результате расчета окажется, что условие уравнения (52) не соблюдено, т. е. сумма потерь давлений больше располагаемого давления, то необходимо предусмотреть установку насосов для подкачки.

Водопроводы, питаемые двумя вводами, рассчитывают, исходя из предположения, что работает один ввод, а второй выключен.

## §9. Системы горячего водоснабжения

Качество горячей воды, участвующей в технологических процессах, связанных с приготовлением пищевых продуктов, а также для удовлетворения санитарных, бытовых нужд, должно соответствовать требованиям стандарта питьевой воды. Воду перед нагреванием при необходимости подвергают специальной обработке. Например, при значительной концентрации газов в водопроводной воде ее дегазируют. Дегазацией удаляют углекислый газ, сероводород, кислород. Удаление углекислого газа и кислорода уменьшает коррозионные свойства горячей воды. Применяют физические (разбрызгивание в вакууме с подогревом) и химические методы ее дегазации (фильтрование через химически активные материалы).

Температура горячей воды, подаваемой на санитарно-бытовые нужды, во избежание ожога не должна превышать 75 °С.

В душевые для производственных рабочих на промышленных предприятиях разрешается подавать воду температурой 45...50 °С.

Температура горячей воды для технологических процессов определяется производственными требованиями.

Для производственных целей нормы расхода горячей воды устанавливают в литрах на единицу продукции или единицу обрабатываемого сырья, для хозяйственно-бытовых нужд — в литрах в час на одно место потребления (например, на одну душевую сетку) или на обрабатываемый объект (на мойку автомашины).

Нормы применительно к различным видам производства указаны в нормативной технологической литературе.

Нормы горячей воды (65...70 °С) для хозяйственно-бытовых нужд одинаковы во всех отраслях промышленности.

Расход горячей воды по часам равномернее, чем расход холодной воды. В максимальных количествах горячую воду расходуют на стыках рабочих смен. В это время рабочие пользуются душевыми, а также проводят мокрую уборку цехов. Для определения часового потребления горячей воды составляют график. Расход горячей воды включают в общий график водопотребления предприятия.

**Схемы систем горячего водоснабжения.** Система горячего водоснабжения — комплекс сооружений, предназначенных для приготовления горячей воды, подачи ее с требуемым давлением и температурой к точкам потребления.

Системы горячего водоснабжения по способу обеспечения горячей водой точек потребления делят на две группы: централизованные и местные.

Централизованными называют системы горячего водоснабжения, в которых горячая вода поступает из одного центра (бойлерной, теплового узла, ТЭЦ, районной котельной). По системе трубопроводов горячую воду подают в помещения к водоразборным точкам или к технологическому оборудованию. В местных системах готовят и потребляют воду в том же помещении. Местные системы применяют в тех случаях, когда горячая вода централизованного горячего водоснабжения не соответствует требуемым параметрам (например, в автоматизированных пастеризационно охладительных линиях молока). Преимущественно предприятия оборудуют централизованными системами, которые бывают следующих видов: с непосредственной подачей воды из наружной тепловой сети; с подачей воды из тепловых узлов, присоединенных к наружным сетям с паром или перегретой водой; с подачей воды из водонагревателей, установленных на самом предприятии.

Принципиальные схемы централизованного горячего водоснабжения показаны на рис. 69.

Сети тупиковой системы (рис. 69, а) можно подключать к тепловой через водонагреватель или непосредственно. Работа системы, построенной по такой схеме, состоит в следующем. Из водопровода поступающая вода под давлением проходит через водонагреватель, где она нагревается и по разводящей линии через стояки и подводки поступает на водоразборные точки (умывальники, раковины, ванны, души, технологическое оборудование и др.). Но рассмотренная тупиковая система имеет два существенных недостатка: горячая вода при отсутствии водоразбора остывает, и при открытом кране некоторое время течет остывшая вода; при падении давления в водопроводе горячая вода не поступает на водоразборные точки.

Система с циркуляционной линией (при естественной циркуляции) ранее упомянутого первого недостатка не имеет (рис. 69, б). В ней от последней точки водоразбора каждого стояка отведены циркуляционные стояки. Они входят в сборную циркуляционную линию, которая присоединена к нижней части водоподогревателя. В сборную циркуляционную линию перед водоподогревателем ставят циркуляционный насос. Однако, второй недостаток, присущий тупиковой системе, имеет место и в данной. В системах горячего водоснабжения, постро-

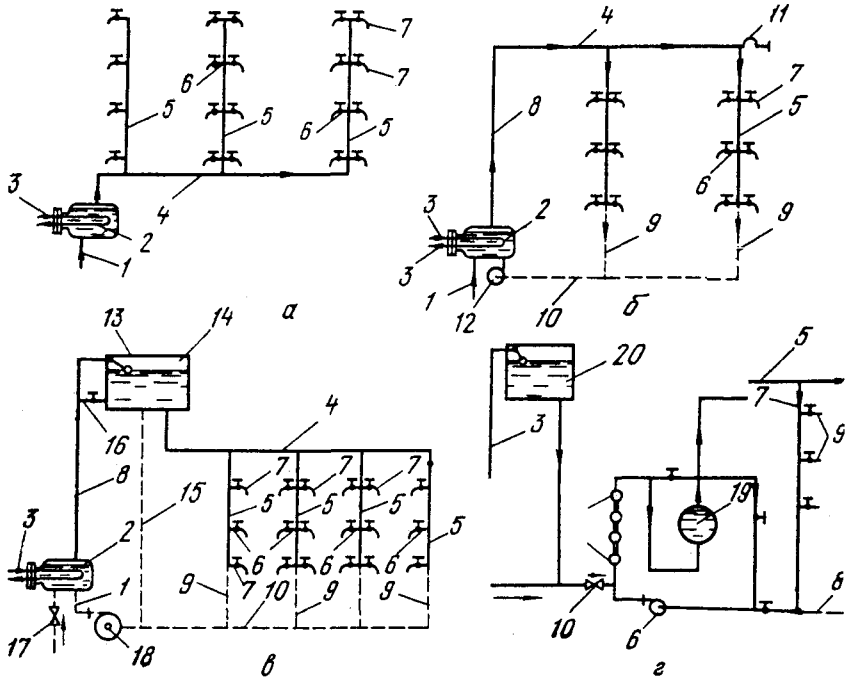


Рис. 69. Схемы систем горячего водоснабжения:

*а* — тупиковая (простейшая схема с нижней разводкой); *б* — схема системы с циркуляционной линией (при естественной циркуляции); *в* — схема системы с баком-аккумулятором и циркуляционной линией (с механическим побуждением циркуляции); 1 — водопровод; 2 — подогреватель; 3 — вход и выход теплоносителя; 4 — разводящая линия; 5 — стояк; 6 — подводка; 7 — водоразборные точки; 8 — главный стояк; 9 — циркуляционные стояки; 10 — сборная циркуляционная линия; 11 — воздушник; 12 — насос; 13 — поплавковый клапан; 14 — бак-аккумулятор; 15 — циркуляционная линия между баком-аккумулятором и водоподогревателем; 16 — циркуляционная вставка с обратным клапаном (открывается для обеспечения циркуляции); 17 — обратный клапан; 18 — циркуляционный насос;

*г* — схема системы с нижним баком-аккумулятором горячей воды; 3 — водопровод; 4 — водонагреватель; 5 — разводящая линия горячего водоснабжения; 6 — циркуляционный насос; 7 — стояк горячего водоснабжения; 8 — циркуляционная линия; 9 — точки водоразбора; 10 — обратный клапан; 19 — емкость герметическая; 20 — бак с холодной водой

енных по схеме на рис. 69, *в*, применяют баки-аккумуляторы, которые обеспечивают нормальную подачу горячей воды даже при резких колебаниях давления в водопроводе. Бак-аккумулятор располагают выше водоразборных точек. Горячая вода из водонагревателя через поплавковый клапан поступает в бак-аккумулятор, а из него по трубопроводам на водоразборные точки. Давление в трубопроводе определяет высоту расположения бака-аккумулятора. Между сборной

циркуляционной линией и баком-аккумулятором вмонтирована вставка с обратным клапаном. Она обеспечивает естественную циркуляцию воды.

Бак-аккумулятор горячей воды оборудуют в специальном помещении на верхнем этаже или на покрытии. Изготавливают баки-аккумуляторы из листовой стали, для предотвращения коррозии снаружи, и внутри его покрывают олифой и окрашивают железным суриком два раза, после чего теплоизолируют. По форме бак-аккумулятор может быть круглым или прямоугольным. Верхний уровень воды в нем определяет поплавковый клапан, присоединенная к баку переливная труба или автоматическое устройство.

Иногда баки-аккумуляторы используют для подогрева воды. Подогрев производится змеевиком или перфорированной трубой, установленными в нижней части бака, через которые пропускают теплоноситель.

Для накопления горячей воды применяют также герметические резервуары, в которых постоянно содержится запас воды под водопроводным давлением (рис. 69, з). Горячая вода из резервуара при большом водоразборе, а также при падении давления в водопроводе, может полностью расходоваться.

В системах горячего водоснабжения все неvertикальные трубы прокладывают с уклоном не менее 0,002. Этим обеспечивается удаление воздуха из системы (автоматически или через краны).

Водоразборные точки, работая одновременно, могут оказывать влияние друг на друга. Такое влияние особенно заметно в работе душей. Если душей три и более, то водоразборные точки кольцуют трубами одного увеличенного диаметра отдельно для горячей и холодной воды.

**Водонагревательные приборы.** Для подогрева воды в системах горячего водоснабжения применяют экономайзеры, различного рода водонагреватели, котлы-утилизаторы, использующие тепло уходящих газов и т. п. На предприятиях мясной и молочной промышленности чаще всего устанавливают водонагреватели — емкостные, скоростные противоточные и контактные (бесшумные, кольцевые и др.). Теплоносителем для водонагревателей служит пар или перегретая вода, поступающая от котельной предприятия или централизованного теплоснабжения.

*Емкостные водонагреватели (бойлеры)* являются наиболее распространенными. Они представляют собой стальной цилиндр со сферическими днищами (рис. 70, а).

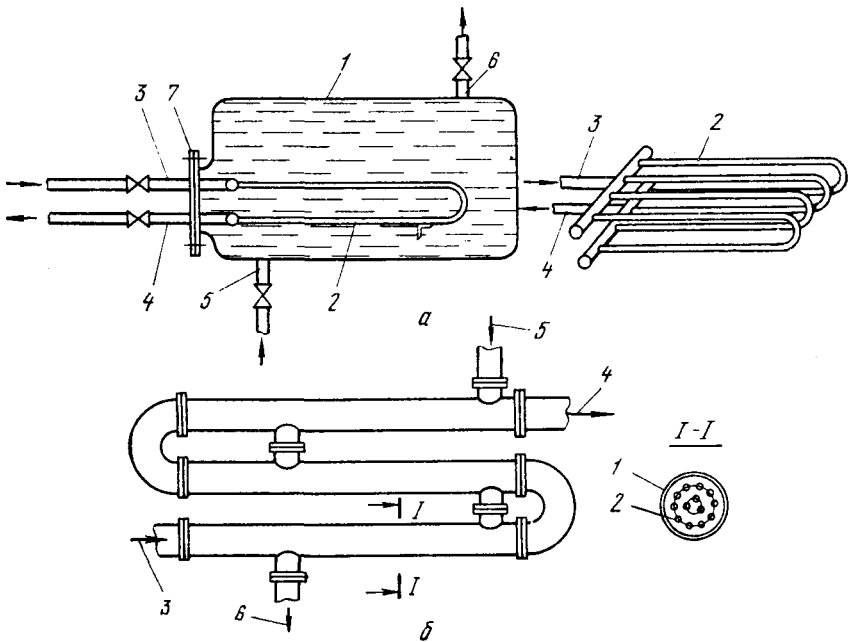


Рис. 70. Схемы водонагревателей:

- a* — емкостного водонагревателя (бойлера): 1 — цилиндрический резервуар; 2 — гребенка; 3 — входной патрубок для теплоносителя; 4 — выходной патрубок для холодной воды; 5 — вход для холодной воды; 6 — выходной патрубок для горячей воды; 7 — большой фланец;
- б* — скоростного противоточного водонагревателя: 1 — кожух секции; 2 — трубки нагревателя; 3 — вход холодной воды; 4 — вход нагретой воды; 5 — вход теплоносителя; 6 — выход теплоносителя

В него вставлена гребенка, состоящая из верхней и нижней коллекторных труб, в которые сварены U-образные параллельные трубы. Теплоноситель подают через входной патрубок в верхний коллектор, отводят через нижний патрубок. Входной и выходной патрубки гребенки выводят наружу через большой фланец бойлера. Холодная вода под водопроводным давлением поступает в бойлер через патрубок, сваренный в нижнюю часть корпуса бойлера, и выходит через верхний выходной патрубок. Для исключения повышения давления по сравнению с расчетным на водонагревателях устанавливают грузовые предохранительные клапаны. Гребенку в бойлерах часто заменяют змеевиком. Он представляет собой вертикально установленную спираль из трубы. Оба конца трубы-змеевика, верхний и нижний, выведены наружу через большой фланец бойлера. В

верхний патрубок теплоноситель подают, а из нижнего отводят. Большой фланец подсоединяют к бойлеру болтами через герметизирующую прокладку.

*В скоростных противоточных водонагревателях* теплоноситель и подогреваемая вода движутся противоточно со значительной скоростью. Такие водонагреватели состоят из нескольких одинаковых секций (рис. 70, б). Каждая секция имеет кожух (стальную трубу диаметром от 50 до 325 мм в зависимости от производительности водонагревателя) и вставленные в него на трубных решетках латунные трубки диаметром до 16 мм.

Теплоноситель подводят в верхнюю секцию, подогреваемую воду — в нижнюю. Со скоростью 0,5...2 м/с вода по трубкам проходит через все секции.

*Контактные водонагреватели* характерны тем, что подогрев воды осуществляется непосредственным смешиванием теплоносителя (пара) с водой. Смешивание производят барботированием или другими способами. В этом случае конденсат в котельную не возвращается, а его потери увеличивают себестоимость пара.

Водонагреватели устанавливают в нижних этажах, в подсобных помещениях, чаще всего в котельных. Перед водонагревателем должно быть свободное пространство, обеспечивающее подход для ремонта и осмотра.

На греющей поверхности водонагревателя при нагревании воды часть солей выпадает и образуется слой накипи. Периодически поверхность очищают от накипи механическим (стальными щетками, порошками, скребками) или химическим (слабым раствором соляной кислоты или уксусной кислотой) способами.

## § 10. Производственное водоснабжение

Водоснабжение, предназначенное для подачи воды на технологические цели, называют производственным. Иногда для устройства производственного водоснабжения сооружают несколько водопроводов, подающих воду различного качества (например умягченную, подаваемую под высоким давлением для гидравлического оборудования и т. п.). Кроме того, оно может представлять собой один общий производственный водопровод.

Необходимыми устройствами для водоснабжения являются насосы, водонапорные баки и трубопроводы. Их подбирают, исходя из расчетов.

Промышленность выпускает санитарно-технические изделия со стандартными характеристиками серийным способом. Расчетные характеристики чаще всего не совпадают со стандартными. В этих случаях подбирают оборудование, данные которого близки к расчетным, но имеют большие значения.

Например, для подбора насоса необходимо знать его характеристики, т. е. производительность и развиваемое давление.

Производительность насоса  $G$  (л/с) должна соответствовать расчетному расходу воды в водопроводе. Расчетный расход воды в однотипных точках водоразбора  $Q_m$  (л/с) определяют по формуле

$$Q_m = \frac{q_n n m}{100}, \quad (53)$$

где  $q_n$  — расчетный расход воды водоразборной точки, л/с;  $n$  — количество однотипных водоразборных точек;  $m$  — одновременное действие водоразборных точек, %.

Значения  $n$ ,  $m$  даны в СНиП 2.04.01–85.

Общий расход воды  $Q$  является суммой расходов воды через однотипные водоразборные точки, т. е.  $Q = \Sigma Q_m$ . Если производительность насоса обозначить  $G$ , то  $G = Q$ .

Полное давление насоса  $p$  (кПа) определяют по формуле

$$p = 9,81(h_n - h_b) + \Sigma p_n, \quad (54)$$

где  $h_n$  и  $h_b$  — геодезические высоты нагнетания и всасывания, м;  $\Sigma p_n$  — сумма потерь давления во всасывающих трубопроводах, кПа.

При определении геодезической высоты нагнетания следует к геодезической высоте диктующей точки (самая отдаленная водоразборная точка, оборудование, требующее самого большого напора воды и т. д.) добавить необходимое остаточное давление в этой точке.

Кроме развиваемого давления и производительности, насосы подбирают по характеристике исполнения самого насоса и электродвигателя. Исполнение должно соответствовать условиям работы.

Мощность электродвигателя  $N$  (кВт) определяют по формуле

$$N = \frac{G p}{1000 \eta_n \eta_H}, \quad (55)$$



где  $G$  — производительность насоса, л/с;  $\eta_n$  — коэффициент полезного действия передачи;  $\eta_{\text{н}}$  — коэффициент полезного действия насоса.

Кроме насоса и электродвигателя, рассчитывают диаметр трубопроводов, объем водонапорного бака и противопожарных резервуаров.

Для определения диаметров труб  $d$  (мм) необходимо знать расчетный расход воды и скорость движения воды в трубе. Диаметр трубы определяют по формуле

$$d = 1130 \sqrt{\frac{G}{v}}, \quad (56)$$

где  $G$  — расчетный расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $v$  — скорость потока воды, м/с.

Давление в сети водоснабжения в течение суток колеблется. Оно может не обеспечивать постоянную подачу воды в точки потребления под требуемым давлением. В таких случаях устанавливают водонапорные баки. Общий объем бака равен сумме регулируемого и запасного объемов.

Бак может наполняться в часы максимального давления в водопроводе или при помощи подкачивающих насосов, которые можно включать вручную или автоматически (от реле уровня воды в баке или реле давления в системе). Необходимо рассмотреть все три варианта наполнения бака.

Регулируемый объем бака для безнасосной системы  $V_p$  (м<sup>3</sup>) определяют по формуле

$$V_p = Qt, \quad (57)$$

где  $Q$  — среднечасовой расход воды за время питания сети внутреннего водопровода из бака, м<sup>3</sup>/ч;  $t$  — время, в течение которого при недостаточности напора наружной сети вода поступает в сеть внутреннего водопровода из бака, ч.

В системах с водонапорным баком и насосами при ручном пуске насосов регулируемый объем рассчитывают по формуле

$$V_p = \frac{Q_{\text{сут}}}{n_{\text{сут}}}. \quad (58)$$

При автоматическом пуске насосов

$$V_p = \frac{G}{4n_{\text{ч}}}, \quad (59)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  — максимальный суточный расход воды, м<sup>3</sup>/ч;  $G$  — производительность насосов, м<sup>3</sup>/ч;  $n_{\text{сут}}$  и  $n_{\text{ч}}$  — число включений насосов соответственно в сутки и в час; 4 — коэффициент частоты автоматического включения насоса.

Запасной объем бака  $V_3$  определяют противопожарные и технологические требования.

Запасной противопожарный объем воды  $V_{3,п}$  обеспечивают, исходя из условий максимального водопотребления при ручном пуске насосов, из расчета 10-минутной продолжительности тушения пожара:

$$V_{3,п} = 0,6q_p. \quad (60)$$

При автоматическом пуске насосов условно принимают время тушения пожара 5 мин (в зданиях до 16 этажей).

$$V_{3,п} = 0,3q_p, \quad (61)$$

где  $q_p$  — расчетный расход воды на пожаротушение (по нормам), л/с.

Тогда  $V_3 = V_{3,п} + V_{3,т}$ . Запасной объем воды  $V_{3,т}$  идет на технологические цели.

Общий объем водонапорного бака  $V$  (м<sup>3</sup>) равен  $V = V_p + V_3$ . Водонапорные баки имеют круглую или прямоугольную форму. Их изготавливают из металла, железобетона. Металлические баки красят масляной краской. Состав краски согласовывают с органами санитарного надзора. Баки закрывают крышками с люком и ставят на поддон, на котором конденсируется влага воздуха и просачивающаяся из бака вода. Баки размещают в отапливаемом и вентилируемом помещении. Высота расположения бака определяют по расчету свободного давления, создаваемого баком.

Объем противопожарных резервуаров должен обеспечить потребности в воде для тушения пожара в течение трех часов. По графику часового расхода воды предприятия выбирают три смежные часа наибольшего потребления воды. Суммируют расходы воды всех трех часов, получая величину  $Q_{\text{макс}}$ . По соответствующим нормативам находят расход воды для тушения наружного пожара в течение трех часов  $Q_{н,п}$ . Определяют расход воды для тушения внутреннего пожара здания в течение трех часов  $Q_{в,п}$ , принимая для каждого гидранта по 3 л/с. Допускают, что тушение пожара произойдет на стыке смен, когда работает наибольшее количество душ. Определяют расход воды в душевых в течение одного часа  $Q_д$ . Так же определяют количество посту-

пающей из водопровода воды во время тушения пожара в противопожарный резервуар  $Q_{п.}$ . Объемы противопожарного резервуара  $V$  ( $m^3$ ) рассчитывают по формуле

$$V = Q_{\text{макс}} + Q_{\text{н.п}} + Q_{\text{в.п}} + Q_{\text{д}} - Q_{\text{п.}} \quad (62)$$

По противопожарным нормам заполнение водой опорожненного во время пожара резервуара может длиться 24...40 ч.

Противопожарный резервуар выполняют из железобетона, в грунте. Взамен противопожарного резервуара разрешается использовать открытые железобетонные бассейны, водоемы, резервуары при градирнях. Их объем должен соответствовать расчетному для противопожарных целей.

## § 11. Эксплуатация систем водоснабжения

На предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности с учетом действующих норм водопотребления и водоотведения расходуется большое количество воды. Уменьшение расхода свежей воды без ущерба для предприятий будет способствовать сокращению затрат на строительство и эксплуатацию водопроводно-канализационных сооружений, сохранению источников водоснабжения от истощения, а также от загрязнения в результате уменьшения сброса сточных вод в водоемы.

Сократить водопотребление и водоотведение можно путем строительства систем водоснабжения с оборотным, или циркуляционным, и повторно-последовательным использованием воды, сбора и использования конденсата соковых паров, внедрения «сухой» уборки помещений, применения водо-воздушных форсунок для санитарной обработки тары, уменьшения утечек и строгого контроля расхода воды.

Практически полное сокращение водопотребления и водоотведения будет достигнуто при внедрении на предприятиях систем водоснабжения, работающих по замкнутому циклу с полной регенерацией воды, а также безотходных технологических процессов.

Экономическая эффективность  $\mathcal{E}$  систем водоснабжения, определяемая по использованию оборотно-повторной воды, может достигать 80...85 %; подсчитать ее можно по уравнению:

$$\vartheta = \frac{G_{об} + G_n}{G_{об} + G_n + G_{св}} \cdot 100, \quad (63)$$

где  $G_{об}$ ,  $G_n$ ,  $G_{св}$  — соответственно расходы оборотной, повторно используемой и свежей воды, м<sup>3</sup>/сут.

При оборотном использовании отработавшая вода охлаждается в градирне или брызгальном бассейне и снова поступает в технологический цикл. Обратные системы широко используются для холодильных установок, вакуум-аппаратов, охладителей жиров, кристаллизаторов, заквасочников, воздушных компрессоров.

В северных районах страны вместо обычной «мокрой» градирни или брызгального бассейна целесообразно применять «сухую» градирню с воздушным конденсатором. Охлаждаемая вода, циркулируя по замкнутому контуру, не соприкасается с охлаждающим воздухом. Поэтому потери воды на испарение исключаются.

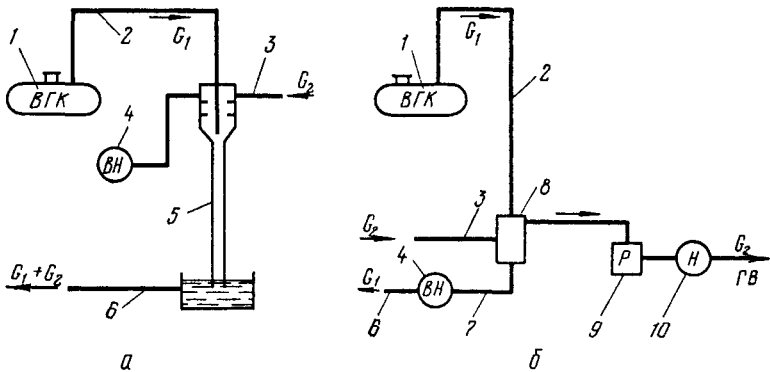


Рис. 71. Схемы водоснабжения в цехе технических фабрикатов с использованием воды: а — прямоточным; б — повторно-последовательным; 1 — вакуум-горизонтальный котел; 2 — трубопровод соковых паров; 3 — трубопровод холодной свежей воды; 4 — вакуумный насос; 5 — барометрический конденсатор; 6 — канализационный трубопровод; 7 — трубопровод конденсата соковых паров; 8 — кожухотрубчатый конденсатор; 9 — резервуар сбора горячей воды повторного использования; 10 — насос

На мясокомбинатах в цехах технических фабрикатов применяют вакуум-горизонтальные котлы (рис. 71, а). Соковые пары из котлов поступают в барометрические конденсаторы, которые являются крупными потребителями воды и расходуют свыше 1000 м<sup>3</sup> в сутки. Целесообразно не смешивать удаляемые из котлов соковые пары и газы с охлаждающей водой, а отработавшую свежую воду направлять на по-

вторное использование. Для этого следует заменить барометрические конденсаторы на кожухотрубчатые (рис. 71, б).

В этом случае свежая холодная вода, подаваемая в кожухотрубчатые конденсаторы, не будет загрязняться конденсатом соковых паров и ее можно повторно использовать в котельной на химводоочистку, на мытье полов в производственных помещениях, оттайку воздухоохладителей и пр. Кроме того, такая схема помимо экономии воды позволяет утилизировать тепло, приобретенное охлаждающей водой, которая нагревается в конденсаторе до 40 °С.

Вместо барометрических конденсаторов можно применять аппараты воздушного охлаждения АВО, которые серийно выпускаются промышленностью. Однако для южных районов страны аппараты АВО не всегда приемлемы, так как температурный перепад между охлаждающей средой и наружным воздухом будет недостаточен.

В мясо-жировых цехах воду для мойки туш (полутуш) на участках туалета конвейера или мойки шерстных субпродуктов в центрифугах, как правило, подают непрерывно и, следовательно, непроизводительно. Целесообразно устанавливать блокирующие устройства для периодического прекращения подачи воды, когда на участке туалета отсутствует туша или во время выгрузки и загрузки субпродуктов в центрифуги. Для этого необходимо установить запорную арматуру с электрическим приводом и конечные выключатели.

В зоне газовых печей для опалки свиных туш температура достигает 1000 °С. Подвесной путь и цепь конвейера приходится охлаждать с помощью трубчатых экранов с циркулирующей водой. Нагревшуюся незагрязненную воду не следует сбрасывать в канализацию, а использовать, например, для мойки свиней.

Есть резервы экономии воды в котельных. К ним относятся незагрязненные стоки от химводоочистки и продувки котлов, отработавшие воды от охлаждения подшипников дымососов и насосов, а также от гидравлических исполнительных механизмов. Эти воды можно повторно использовать в прачечной для стирки спецодежды, мойки автомашин, инвентаря и тары. Следует иметь в виду, что тару для пищевых продуктов после мойки повторной водой надо ополаскивать питьевой водой.

Вода, которая расходуется на охлаждение воздушных компрессоров, практически не загрязняется. Ее можно использовать повторно, например, в барабанах для мойки шкур или другие нужды. Воду после

последнего ополаскивания бутылок и другой тары можно использовать на наружную мойку автомашин и полив территории.

Конденсат вторичных паров молока пригоден для наружного обмыва автомашин, мойки полов, первого ополаскивания оборудования и добавки в оборотные системы водоснабжения. Резервуары, в которые собирают конденсат, следует ежедневно промывать.

На заводе сухого молока образуется до 450 м<sup>3</sup> конденсата в сутки, который пригоден для мойки полов, автомашин и питания котлов. Экономия свежей воды составит более 20 %.

На предприятиях молочной промышленности можно повторно использовать воду от пластинчатых пастеризационно-охладительных установок. Для этого устанавливают сборный резервуар и бойлер для обязательного подогрева воды до 80 °С. Собранную воду применяют для мойки оборудования, резервуаров, ванн, молочных цистерн, фляг, посуды в столовых, для уборки производственных помещений, в прачечных.

Все сооружения систем повторного водоснабжения следует оборудовать устройствами (крышки, люки), предотвращающими загрязнение воды, и производить периодическую дезинфекцию по плану, согласованному с санэпидстанцией. Кроме того, необходимо следить за исправностью пластинчатых установок, обращая особое внимание на состояние резиновых прокладок. Лаборатории предприятий должны систематически контролировать качество воды по бактериологическим, химическим и органолептическим показателям.

На ряде предприятий молочной промышленности организована «сухая» уборка производственных помещений, которая заключается в следующем. Основную уборку производят один раз в сутки, при этом пользуются поливочными кранами и моют полы с применением шлангов. Применение шлангов в другие часы не разрешается, в случае необходимости местную промежуточную уборку производят швабрами и тряпками. Кроме того, в местах утечки молока устанавливают поддоны, отходы собирают и утилизируют. Эти мероприятия сокращают расход воды и снижают загрязнения сточных вод.

Расход воды и моющих растворов можно снизить на 30 % и более в результате санитарной обработки тары, бутылок, фляг, ящиков, лотков, а также помещений и оборудования с помощью водовоздушных форсунок.

Установка для мойки тары и оборудования водовоздушными форсунками состоит из источников сжатого воздуха, воды или моющего раствора, устройств для регулирования давления и температуры рабочих сред, комплекта форсунок (рис. 72, а).

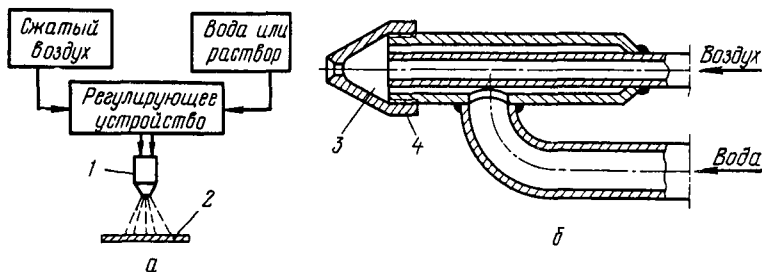


Рис. 72. Установка для мойки тары и оборудования воздушными форсунками: а — схема установки; б — водовоздушная форсунка: 1 — форсунка; 2 — обрабатываемая поверхность; 3 — камера смешения; 4 — сопло

Водовоздушные форсунки (рис. 72, б) имеют смесительную камеру для равномерного смешивания сжатого воздуха и раствора. На выходном конце камеры навинчивается сопло с отверстием заданного диаметра. Форсунка может быть стационарного или переносного типа. В каждую установку должен входить набор форсунок различного назначения и размера.

С помощью регулировочной аппаратуры создается необходимое давление воды и воздуха, устанавливается дальность полета и структура водовоздушной струи.

Кривые, характеризующие зависимость расхода воды  $G$  водовоздушной форсунки от давления воды  $p_a$  и давления воздуха  $p$ , представлены на рис. 73, а. Расход воды (верхняя кривая при  $p = 0$ ) резко уменьшается при подаче в форсунку воздуха (нижние кривые линии) с давлением 0,02...0,07 МПа. Чем больше давление воздуха, тем меньше расход воды, но при этом уменьшается ударное воздействие струи.

Гидродинамическая характеристика форсунки с диаметром сопла 5,2 мм представлена на рис. 73, б. Из графика видно, что точки 1, 2 и 3 соответствуют одинаковому ударному воздействию как водяной, так и водовоздушной струей при различных режимах работы. Но при этом расход воды водяной струи в несколько раз больше (см. рис. 73, а).

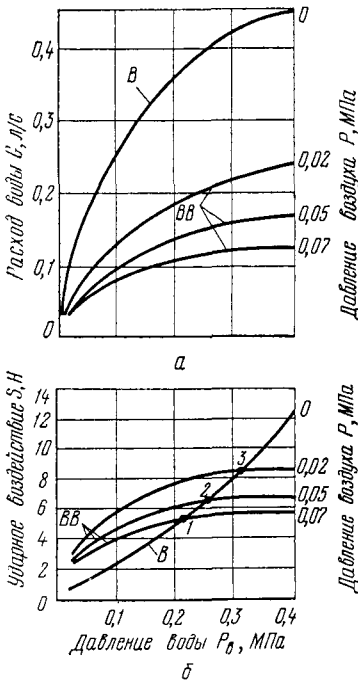


Рис. 73. Гидродинамические характеристики водовоздушных форсунок:

*a* — зависимость расхода воды от давлений воды и воздуха; *б* — зависимость ударного воздействия струй от давления воды и воздуха; *B* — водяная струя; *BB* — водовоздушные струи

При определенном сочетании давлений воды и воздуха ударное воздействие водовоздушной струи можно получить в 1,5...2 раза больше, чем водяной. Водовоздушную форсунку надо располагать от обрабатываемой поверхности на расстоянии не более 350 мм. Давление воздуха рекомендуется 0,025...0,05 МПа, давление воды 0,05...0,2 МПа.

Ударное воздействие и моющая способность водовоздушной струи по сравнению с чисто водяной увеличивается вследствие насыщения воды воздухом, который находится в воде под давлением больше атмосферного. Возникает эффект кавитации: капли воды, попадая на загрязненную поверхность, «взрываются» содержащимся в них воздухом и лучше очищают поверхность от загрязнений. Пульсация струи также способствует повышению ударного воздействия.

Моечные машины с водовоздушными форсунками работают на многих предприятиях.

При мойке полов из шлангов можно сократить расход воды с помощью блокирующих устройств. По окончании мойки поливочные краны нередко оставляют открытыми, и вода непрерывно стекает в канализацию. Необходимо оборудовать наконечники поливочных шлангов блокирующими устройствами, которые сразу должны перекрывать воду, как только мойщик положит шланг на пол и выпустит его из рук. Блокирующие запорные устройства аналогичны запорным устройствам, применяемым на шлангах бензозаправочных станций.

Эксплуатацию наружного водопровода, обслуживающего населенный пункт и предприятия, расположенные на его территории, осуществляют городские коммунальные организации и водоканализационные службы.



Обслуживающий персонал должен обеспечить нормальную работу водозаборных и очистных сооружений, насосных станций, трубопроводов и арматуры, регулярный осмотр сооружений, предупреждение аварии и быструю ликвидацию их в случае возникновения.

При обслуживании водопроводных сетей и сооружений необходимо соблюдать требования Правил техники безопасности при эксплуатации водопроводных и канализационных сооружений и сетей предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности.

Правильно налаженная служба эксплуатации гарантирует бесперебойное снабжение предприятия необходимым количеством воды требуемого качества и при определенном давлении. На эксплуатацию сооружений с учетом местных условий должны быть составлены инструкции.

На открытых водоисточниках необходимо следить за уровнем и качеством воды, движением наносов, размывом берегов, санитарным состоянием водоисточника и места водозабора.

Водозаборные устройства систематически очищают от наносов, мусора, скалывают в зимнее время лед. Арматуру (задвижки, затворы, клапаны) проверяют 1...2 раза в год. На водозаборных устройствах хранят необходимый запас материалов на случай ликвидации аварий и проведения ремонта.

Артезианские скважины, которые принадлежат предприятию, должны иметь паспорта, в которых приводятся сведения о работе и состоянии скважин, авариях, проведенных ремонтах, результатах испытаний; в паспорт заносят геологические разрезы, данные буровых журналов, результаты пробных откачек и анализ воды.

Весной и осенью проверяют состояние скважины и установленного оборудования. Не реже одного раза в месяц берут пробу воды для химико-бактериологического анализа.

Качество воды систематически проверяют в лабораторных условиях. Персонал должен следить за дозировкой реагентов, наблюдать за уровнем воды в отстойниках, фильтрах и других резервуарах, вести записи в журнале дежурств, поддерживать связь с насосными станциями.

Все очистные сооружения раз в год освобождают от воды и очищают от скапливающегося осадка и наростов. После очистки поверхности резервуаров обрабатывают 5 %-ным раствором медного купороса.

Осмотр песчано-гравийных фильтров проводят 1...2 раза в месяц перед промывкой и после промывки. При этом проверяют состояние фильтрующего слоя и решетчатого днища. Если заметна убыль песка,

то необходимо добавить свежий, предварительно удалив верхний загрязненный слой толщиной 3...5 см.

Все выходы и входы (лазы) в подземные резервуары и водонапорные башни должны быть плотно закрыты и запломбированы. Входить в резервуары разрешается только для их очистки или ремонта.

Все резервуары для воды и помещения насосных станций должны быть оборудованы системами вентиляции (в большинстве случаев естественной), за которыми необходимо вести наблюдение. Вентиляционные каналы и решетки, вытяжные шахты следует регулярно прочищать и ремонтировать.

Внутренний водопровод принимают в эксплуатацию после гидравлических испытаний на герметичность давлением, превышающим рабочее на 0,5, но не более 1 МПа. Испытание оформляют актом.

В распоряжении обслуживающего персонала должны находиться рабочие чертежи внутреннего водопровода, сведения о расчетных расходах воды и давлениях на вводах и перед водоразборными точками, технические паспорта насосов и другого оборудования.

При эксплуатации внутреннего водопровода необходимо следить за исправностью кранов, задвижек, обратных клапанов, счетчиков, манометров принимать меры против замерзания воды в трубах и возникновению гидравлических ударов при пользовании водоразборной арматурой; периодически проверять расходы воды и давления в наиболее удаленных или высоко расположенных точках водоразбора.

Проведение ремонтов фиксируют в журнале, в котором записывают причины аварий или неисправностей, дату ремонта или смену оборудования. В распоряжении слесарей-водопроводчиков должны быть запас труб разных диаметров и арматуры, прокладки, льняная пакля, сурик, необходимый инструмент.

Особое внимание обращают на устранение утечек воды. Даже при налаженном водоснабжении утечки и бесполезные расходы могут достигать 30...50 % от всей подаваемой насосными станциями воды.

Утечки бывают скрытые, незаметные при визуальном осмотре, особенно при скрытой прокладке трубопроводов в толще пола, каналах, стенах, и видимые — через сальники и прокладки арматуры, муфтовые и фланцевые стыки, трещины в трубах.

Большие потери воды происходят вследствие износа уплотнительных прокладок в кранах и вентилях. Кроме того, неаккуратное пользование поливными шлангами, туалетными кранами, питьевыми установками также создает бесполезную трату воды. Утечки через не-

исправные, неплотно закрывающиеся краны и смесители достигают 1000...1200 л/ч; утечки через смывные бачки — до 12000 л в сутки.

Образование конденсата на поверхности труб, по которым движется холодная вода, вызывает капель, трубы корродируют, появляются потеки на стенах, полах, строительные конструкции увлажняются и преждевременно разрушаются. Для предупреждения образования конденсата на трубы наносят теплоизоляцию или гидроизоляционные покрытия, а также, если это возможно, уменьшают влажность воздуха в помещении.

Водонапорные баки и другие резервуары необходимо периодически промывать, очищать от осадков и дезинфицировать.

Для предупреждения гидравлических ударов в системе необходимо применять арматуру, обеспечивающую плавное перекрытие потока воды. Для водопровода пригодна арматура шпиндельного типа (вентили). Пробковые краны устанавливать не рекомендуется.

Шум, свист, треск, гудение создаются разболтанными клапанами и золотниками в арматуре, а также при ее засорении и ослаблении креплений. В этом случае надо сменить изношенные детали, устранить засорение. Шум может быть из-за больших скоростей воды в трубах (более 3 м/с) и высоких давлений перед точками водоразбора. Для снижения скорости воды необходимо увеличить диаметры труб. Давление можно снизить установкой диафрагм.

Насосы и электродвигатели также могут создавать шум. Следует систематически проверять состояние крепления агрегатов к фундаментам, применять звукоизолирующие основания.

Для предотвращения образования накипи и предохранения от коррозии трубопроводов и резервуаров системы горячего водоснабжения следует использовать воду после соответствующей обработки (умягченную и не содержащую избыточного растворенного кислорода).

## **§ 12. Использование ЭВМ для расчета водопроводных сетей**

Создание более надежных и экономичных систем водоснабжения способствует успешному выполнению планов экономического и социального развития страны. Быстрый рост систем городских водопроводов, увеличение числа используемых одновременно источников во-

доснабжения требуют совершенствования методов расчета систем подачи и распределения воды.

Перед проектировщиками ставится задача создания надежных и экономичных инженерных систем водоснабжения (новых или реконструируемых), работающих в условиях непрерывного возрастания водопотребления, сопровождающегося циклическими изменениями. Необходимо гарантировать обеспечение потребителей водой при возможных пиковых нагрузках и при любых отказах элементов системы, а также обеспечение экономически целесообразной работы системы в периоды малых нагрузок.

Успешное решение сложных задач расчета систем подачи и распределения воды практически неосуществимо без использования вычислительной техники.

Использование вычислительных машин позволяет не только ускорить решение многих задач, занимавших ранее при ручных вычислениях большое количество времени, но и решать принципиально новые проблемы, сама постановка которых была невозможна до появления ЭВМ. Например, если проведение гидравлической увязки достаточно простых сетей еще возможно с помощью ручных расчетов, то проведение расчетов при многих режимах, учитывающих совместную работу водопитателей и сетей, сравнение различных вариантов сетей по технико-экономическим данным и выбор оптимальных из них, исследование надежности работы систем водоснабжения, как правило, в реально встречающихся на практике случаях невозможно без применения ЭВМ.

Существует два принципиально различных типа вычислительных устройств:

- ♦ аналоговые вычислительные машины (АВМ);
- ♦ электронные вычислительные машины дискретного действия (ЭВМ).

В устройствах АВМ числовые значения параметров интересующего нас физического явления (значения расходов, напоров и т. д.) представляются непрерывными физическими величинами моделирующего устройства (например, электрической схемы), процессы в котором описываются одинаковыми с физическим явлением математическими соотношениями. Такие устройства называют моделирующими или аналоговыми.

Для расчета водопроводных систем обычно применяют электрические аналоговые устройства, в которых сила тока и падение потенциала моделируют расход воды и потери напора в сети.

Трудность моделирования гидравлических систем заключается в том, что линейные соотношения, связывающие падение потенциала и силу тока на любом участке электрической цепи, не эквивалентны нелинейным соотношениям, связывающим потери напора и расходы в линиях водопроводной сети. Сконструированы элементы, имеющие указанные нелинейные характеристики. Добавляя к ним специальные элементы, моделирующие работу водопитателей различных типов, и связывая их в единое моделирующее устройство, получим такое аналоговое устройство, в котором распределение токов и напряжений будет соответствовать распределению расходов и напоров в моделируемой водопроводной системе. В нашей стране аналоговые машины для водопроводных расчетов (МАВР) разработаны в Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова. Эти машины находят практическое применение. Однако аналоговые устройства предназначены обычно для решения сравнительно узкого класса задач.

Характерными особенностями АВМ являются:

- ♦ высокое быстродействие (следует указать, что оно ограничено временем снятия показаний приборов, измеряющих значения физических величин);
- ♦ ограниченная точность измерения значений параметров;
- ♦ узкая специализация;
- ♦ большие затраты ручного труда.

Другим типом вычислительных устройств являются ЭВМ, позволяющие по программе выполнять любую совокупность арифметических и логических операций.

В настоящее время созданы программы, позволяющие решать комплекс вопросов, возникающих при расчете как проектируемых, так и действующих систем водоснабжения, а также при их оперативном управлении. Ряд программ по расчетам систем водоснабжения для различных ЭВМ был разработан во ВНИИ ВОДГЕО.

Принцип составления алгоритмов и программ заключается в том, чтобы дать возможность проектировщикам провести на ЭВМ целый ряд расчетных исследований влияния различных элементов системы насосов, регулирующих емкостей, отдельных участков сети и т. п. — на работу системы в целом. На основе только многовариантного анализа можно затем осуществить выбор оптимальных проектных решений для разработки новых или расширения и реконструкции существующих систем водоснабжения, а также исследования режимов работы последних. Исходя из этого, система программ была реализована так,

чтобы позволить пользователям программ оперативно влиять на изменение характеристик элементов и выбор режимов работы подпрограммы. Существует две группы программ:

- ♦ программы гидравлического расчета совместной работы водопроводной сети, насосов, регулирующих емкостей и водоводов при различных режимах и заданных диаметрах сети;
- ♦ программы технико-экономического расчета сетей по методу фиктивных расходов.

Основная цель расчета водопроводных сетей — выбрать среди всех возможных те, которые удовлетворяют поставленным техническим условиям и являются оптимальными по затратам как на строительство, так и на эксплуатацию.

Расчеты позволяют в конечном итоге проектировщику выбрать из рассмотренных вариантов оптимальные. Кроме того, программы дают возможность оценить надежность рассматриваемых водопроводных сетей путем проведения расчетов с отключением отдельных участков.

Исходными данными для гидравлического расчета служат конфигурация сети, диаметры всех участков, число насосных станций и регулирующих емкостей и их характеристики. Программы позволяют проводить расчеты совместной работы сети и водопитателей различных типов (насосов, напорно-регулирующих емкостей и станций подкачки).

Ряд программ был создан в Сибирском энергетическом институте. Хотя эти работы были посвящены в основном рассмотрению систем тепло- и газоснабжения, в них были рассмотрены важные методические вопросы, общие для всей теории гидравлических сетей, в том числе и для водопроводных сетей.

Сравнение проводилось как путем теоретических оценок, так и путем проведения численных экспериментов на ЭВМ по программам, реализующим различные методы. Все эти работы имели большое значение как для создания эффективных методов расчета гидравлических сетей, так и для решения ряда важных технических задач.

В разное время был создан ряд программ, основанных на численном решении экстремальных задач, описывающих потокораспределение в гидравлических сетях. Разработаны методы применения экстремальных задач потокораспределения в гидравлических сетях.

В ряде программ реализованы вариационные методы для гидравлического расчета сетей: первый метод, при котором минимизируется некоторая функция, зависящая от напоров в узлах, и второй, при ко-

тором минимизируется некоторая функция расходов на участках в предположении, что балансы расходов в узлах выполняются.

Разработан также комплект учебных программ для ЭВМ.

Эти программы позволяют увязать гидравлическую сеть, рассчитать совместную работу насосов, скважин, свободных струй, резервуаров и сетей; выбрать трассу разветвленного трубопровода по заданной кольцевой сети с одной или несколькими точками питания; провести технико-экономический расчет сети при заданном распределении потока. Разработана программа расчета водопроводных сетей, позволяющая проводить увязку сети. Расчет водопроводной сети с подбором диаметров труб на всех или некоторых участках следует выполнять так, чтобы обеспечить минимальные значения пьезометрической отметки в узле.

В последние годы потребности практики и прежде всего необходимости автоматизации проектирования водопроводных сетей и оптимального управления их функционированием привели к необходимости дальнейшего уточнения как инженерных постановок задач, так и их математической и алгоритмической реализации. Создаются программы, которые позволяют решать задачи оптимизации режима работы насосных станций, станций подкачки и всей сети в целом, оптимального выбора насосного оборудования и других агрегатов, а также диаметров всей сети. Математической основой решения этих сложных вопросов оптимизации проектирования систем водоснабжения и определения оптимальных режимов работы существующих систем является аппарат математического и динамического программирования. Методы математического программирования разрабатываются для нахождения минимума (или максимума) функции многих переменных при условии, что на эти переменные накладываются линейные или нелинейные ограничения. Этот аппарат наряду с более простым подходом вариантного проектирования позволяет решать широкий комплекс задач оптимизации с учетом ограничений технического, инженерного и экономического характера.

Анализ этих вопросов, постановка задач проектирования и оперативного управления сетями водоснабжения, необходимый математический аппарат и алгоритмы расчета оформлены в виде пакета прикладных программ для ЭВМ.

Применение ЭВМ позволяет производить многовариантные расчеты и получать оптимальные решения при проектировании водопроводных сетей.

### § 13. Пример расчета трубопровода системы водоснабжения и подбор насоса

**Исходные данные.** Расход воды на каждом водоразборном кране  $q_2 = q_3 = q_4 = 0,2 \text{ л/с} = 0,0002 \text{ м}^3/\text{с}$ ; располагаемое (свободное) давление на вводе  $p = 20 \text{ кПа}$ ; остаточное давление в расчетной точке  $p = 200 \text{ кПа}$ ; длина расчетных участков  $l = 36 \text{ м}$ ; разница между высотными отметками насоса и расчетного водоразборного крана  $z_{\text{н}} - z_{\text{в}} = 3 \text{ м}$ .

Определить внутренний диаметр трубопровода и подобрать насос по схеме, изображенной на рис. 74.

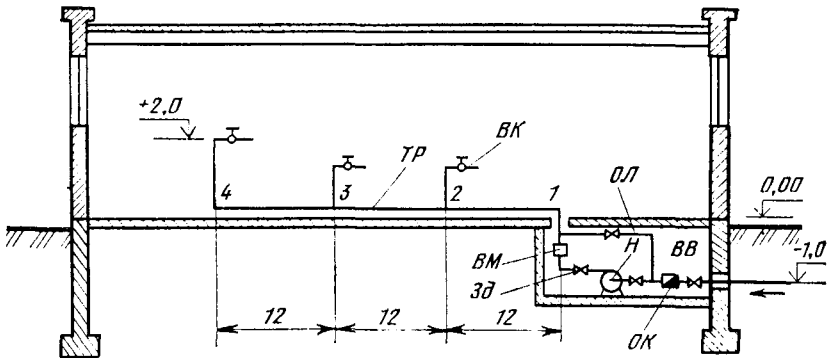


Рис. 74. Тупиковая схема внутреннего водопровода:

*ВВ* — водопроводный насос; *ОК* — обратный клапан; *Н* — насос; *Зд* — задвижка; *ВМ* — водомер; *ОЛ* — обводная линия; *ТР* — водопроводная труба; *БК* — водоразборный кран; *1...4* — расчетные точки водопровода

**Решение.** Расчет начинают вести от ввода участка. Расходы воды на любом участке тупиковой системы являются суммой расходов на участках, последующих (по направлению движения воды) за данным участком.

Диаметр трубопровода  $d$  (мм) рассчитывают по формуле (56).

Задаются скоростью движения и расчетным расходом воды:

- ♦ на участке 3—4

$$v = 1,18 \text{ м/с}; G_4 = q_4 = 0,0002 \text{ м}^3/\text{с}; d_{3-4} = 1130 \sqrt{\frac{0,0002}{1,18}} \approx 15;$$

- ♦ на участке 2—3

$$v = 1,25 \text{ м/с}; G_{2-3} = q_4 + q_3 = 0,0002 + 0,0002 = 0,0004 \text{ м}^3/\text{с};$$



$$d_{2-3} = 1130 \sqrt{\frac{0,0006}{1,25}} \approx 20;$$

♦ на участке 1—2

$$v = 1,12 \text{ м/с}; G_{1-2} = q_4 + q_3 + q_2 = 0,0002 + 0,0002 + 0,0002 = 0,0006 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$d_{1-2} = 1130 \sqrt{\frac{0,0006}{1,12}} \approx 26.$$

Принимают трубопровод стандартного диаметра 25 мм.

Определяют потери давления в трубопроводе  $p_d$  (кПа) по формуле

$$p_d = \sum p_{\text{тр}} + \sum p_m,$$

где  $\sum p_{\text{тр}}$  — потери давления на трение;  $\sum p_m$  — местные сопротивления;

$$\sum p_{\text{тр}} = \sum il,$$

где  $l$  — длина участка, м;  $i$  — гидравлический уклон; кПа/м (см. прил. 10, с. 329).

Например,  $i_{3-4} = 3,6$  кПа/м;  $l_{3-4} = 12$  м;  $p_{3-4} = 3,6 \cdot 12 = 43,2$  кПа.

Аналогично находят  $p_{\text{тр}2-3} = 32,4$  кПа;  $p_{\text{тр}1-2} = 19,2$  кПа. Тогда

$$\sum p_{\text{тр}} = 43,2 + 32,4 + 19,2 = 94,8 \text{ кПа.}$$

Местные сопротивления принимают равными 20 % от потерь давления на трение:

$$\sum p_m = 94,8 \cdot 0,2 = 18,96 \text{ кПа.}$$

Общие потери давления

$$p_d = 94,8 + 18,96 = 113,76 \text{ кПа.}$$

Насос подбирают, исходя из определения требуемых полного давления и производительности.

Полное давление подкачивающего насоса равно

$$p_n = p_d + p_{\text{ост}} + 9,81 \cdot (z_n - z_b) - p_p;$$

$$p_n = 113,76 + 200 + 29,43 - 20 = 323,19 \text{ кПа.}$$

Требуемая производительность насоса

$$G = G_{1-2} = 0,0006 \text{ м}^3/\text{с} = 2,16 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Подходит насос ЦВ-4/85, технические характеристики которого (см. прил. 9, с. 328):  $G = 14,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $p_{\text{н}} = 850 \text{ кПа}$ ;  $n = 2900 \text{ об/мин}$ ;  $N = 17,0 \text{ кВт}$ .

# Глава 7. Системы канализации

## § 1. Классификация систем канализации

Канализация предназначена для приема, отвода, очистки и сброса в водоемы сточных вод. Различают ливневые (атмосферные), хозяйственно-бытовые (от санитарных приборов) и производственные сточные воды.

Канализация бывает внутренняя и наружная. Внутреннюю составляют приборы и домовые сети, наружную-наружные сети, состоящие из дворовых (внутриквартальных) и городских сетей, очистные и водосбросные сооружения.

Система канализации проектируется общесплавной, раздельной или полураздельной. Общесплавная принимает все виды сточных вод в единую общую сеть и очистные сооружения. Раздельная канализация проектируется в виде двух сетей — ливневой и хозяйственно-бытовой. *Ливневая* принимает атмосферные и условно чистые производственные сточные воды, которые не требуют очистки перед сбросом в водоем. *Хозяйственно-бытовая* принимает не только бытовые, но и загрязненные производственные воды. Несмотря на необходимость дублирования сетей, раздельная система канализации в большинстве случаев оказывается экономичней общесплавной благодаря резкому уменьшению объема очистных сооружений. Это определило ее широкое распространение, особенно в промышленном строительстве. Полураздельная канализация подобно раздельной состоит из двух сетей. Ее отличие заключается в том, что в сеть, идущую на очистные сооружения, направляются также первые, наиболее загрязненные порции атмосферной воды в начале дождя и вся влага от кратковременных дождей.

В систему канализации включают также сооружения для улавливания примесей, пригодных для утилизации. Сплав нечистот и загрязнений по системе канализации осуществляют лишь при достаточном разбавлении их водой. Твердый мусор и сухие отходы сплавляют после соответствующего измельчения их на дробилках. Если дробилок нет, то твердый мусор и крупные отходы собирают в мусоросборники и вывозят транспортными средствами в установленные места.

При проектировании систем канализации необходимо предусматривать возможность использования практически не загрязненных, а также очищенных сточных вод в системах производственного водоснабжения или для орошения сельскохозяйственных культур.

Предприятия мясной, молочной и рыбной промышленности расходуют чистую воду, которая в процессе ее использования загрязняется различными примесями. Органические загрязнения быстро загнивают и являются благоприятной средой для интенсивного размножения различных микроорганизмов. Разлагаясь, органические загрязнения заражают почву, воздух и водоемы, способствуют возникновению эпидемий.

Степень загрязнения сточных вод определяется полной биохимической потребностью в кислороде  $\text{БПК}_{\text{полн}}$ , который необходим для окисления и минерализации не оседающих органических взвесей, содержащихся в сточной воде.

Для чистой природной воды  $\text{БПК}_{\text{полн}}$  примерно составляет 2 мг/л. В соответствии с действующими нормами после выпуска сточных вод в водоем величина  $\text{БПК}_{\text{полн}}$  смеси не должна превышать 3 мг/л, что обеспечивает биологическое равновесие и сохранность водоема.

Поэтому сточные воды предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности перед сбросом в водоемы должны быть очищены до  $\text{БПК}_{\text{полн}}$  не менее 15...20 мг/л. Это может быть осуществлено на городских очистных сооружениях, если такая возможность имеется, или на специальных очистных сооружениях предприятия.

Система канализации обеспечивает: сбор и быстрое удаление сточных вод за пределы предприятия; санитарно-гигиенические условия труда; эффективную очистку и дезинфекцию сточных вод, что предотвращает заражение водоемов нечистотами; возможность утилизации некоторой части производственных отходов, попадающих в канализацию.

## §2. Сточные воды предприятий

**Сточные воды предприятий мясной промышленности.** В систему канализации предприятий мясной промышленности отводятся сточные воды из производственных и бытовых помещений, воды образующиеся при поливке территории, атмосферные осадки.

Производственные сточные воды по характеру загрязнений разделяют на: за жиренные — из цехов убоя скота и разделки туш, кишечного, субпродуктового, пищевых жиров, из ряда отделений мясоперерабатывающего цеха (сырьевого, приготовления и шприцевания фарша, производства полуфабрикатов, ливерных изделий, варочного), цеха переработки птицы с потрошением, из помещений производства колбасно-кулинарных изделий из мяса птицы; неза жиренные из всех остальных цехов, в том числе из помещений для содержания скота; неза загрязненные (условно чистые) — от холодильных установок и теплообменных аппаратов, котельной; инфицированные (часть из которых за жиренные) — от карантина, санитарной бойни, изолятора и с прилегающей к ним территории.

Для каждой категории сточных вод на предприятиях предусматривают отдельные сети канализации: производственные, бытовую (хозяйственно-фекальную), дождевую.

Количество сточных вод зависит от технологии производства и изменяется в значительных пределах. Особенно много производственных сточных вод образуется в цехе убоя скота и разделки туш (при убое, туалете и разделке туш, отделении каныги, обработке кишок, засолке шкур), в цехе кормовых и технических продуктов, колбасном заводе, а также при мойке помещений, оборудования и автомашин.

Наиболее грязные сточные воды поступают с предубойных загонных, из цехов убоя скота и разделки туш, обработки кишок, кормовых и технических продуктов.

В сточных водах содержатся минеральные примеси (песок, глина, растворы щелочи, поваренная соль, селитра) и органические (частицы мяса и жира, кровь, каныга, шлям, кишки, кости, шерсть). Со скотных дворов попадает много соломы, навоза, мочи.

Сточные воды птицекомбинатов загрязнены остатками корма, пометом, оперением. Из цехов, где вырабатывается мочевиная кислота, отводятся воды, содержащие каустическую соду и соляную кислоту.

Из цехов, где производится засолка продукции, сбрасывается вода с повышенным содержанием поваренной соли. Из жирового цеха, варочных отделений колбасного и консервного цехов поступают сточные воды с большим содержанием жировых веществ.

В канализацию также сбрасывают бульоны, образующиеся после варки окороков, субпродуктов, вытопки костного жира, стерилизации условно-годного мяса. Содержание жировых отходов в 1 м<sup>3</sup> сточных вод может колебаться от 0,5 до 2,5 кг.

Сточные воды желатиновых заводов содержат много извести, поэтому их пропускают через отстойники. Из сточной воды желатиновых цехов выделяется до 200 кг осадка из расчета на 1 т выработанного желатина.

От холодильной и котельной установок, от вакуум-насосов и конденсаторов в канализацию попадают мало загрязненные, практически чистые воды с температурой 25...40 °С.

В сточных водах мясокомбинатов содержится большое количество взвешенных веществ (от 500 до 7300 мг/л), из них до 90 % органических примесей; а также много твердых нерастворимых веществ. Осадок составляет 2...4 % общего объема сточных вод. Биохимическая потребность воды в кислороде для очистки ее от органических загрязнений в зависимости от характера производства достигает 2500 мг/л.

Сточные воды предприятий мясной промышленности характеризуются высокой бактериальной обсемененностью. Особую опасность представляют патогенные микроорганизмы (сибиреязвенная, туберкулезная и рожистая палочки, бактерии бруцеллы, туляремии, вирус ящура, сальмонеллы, яйца глистов и кишечных паразитов). Реакция воды слабощелочная (рН 7...8), иногда переходит в кислую (рН 6).

Перед сбросом в водоемы или на земляные площадки сточные воды предприятий мясной промышленности подвергают механической и биологической очистке, а также обеззараживанию. Их очищают от песка, навоза, каньги, жира и других загрязнений. Жиры, налипая на стенки труб, выводят их из строя, ускоряют разрушение бетонных канализационных сооружений, нарушают процессы биологической очистки.

Каньгу в канализационную систему во избежание засорения не сбрасывают. В виде пульпы ее транспортируют в каньжное отделение к прессам, где отделяют воду. Обезвоженную каньгу вывозят, а жидкость спускают в канализацию.

Сточные воды содержат азот и другие питательные вещества, необходимые растениям, поэтому после соответствующей очистки их можно использовать в сельском хозяйстве.

Сточные воды, получаемые из карантина, изолятора, санитарной бойни, а также после мытья территории, на которой расположены эти здания, перед выпуском в наружную сеть канализации дезинфицируют.

**Сточные воды предприятий молочной промышленности.** Различают три категории сточных вод: производственные загрязненные-промывные (после промывки масла, сыра, казеина) и моечные (после

мойки фляг, бочек, бутылок, резервуаров, автоцистерн, помещений); условно-чистые — незагрязненные производственные воды (от холодильного и теплообменного оборудования, вакуум-аппаратов, после последнего ополаскивания бутылок) и дождевые; бытовые — от санузлов (уборные, душевые, умывальные), столовых, прачечных и других вспомогательных помещений.

Незагрязненные сточные воды при невозможности их повторного использования, как правило, следует отводить по отдельным выпускам в дождевую дворовую канализацию и далее в ближайший овраг или водоем по согласованию с органами санитарного надзора.

Наибольшее количество составляют производственные сточные воды, которые менее загрязнены механическими примесями и жирами по сравнению со сточными водами предприятий мясной промышленности.

В зависимости от установленного оборудования на приемных пунктах, сепараторных отделениях, заводах сгущенного и сухого молока, маслодельных и сыродельных заводах количество условно-чистых вод достигает 30...50 % общего расхода сточных вод; на пристанционных, пришоссейных и городских молочных заводах — 20...40 %.

Сточные воды предприятий молочной промышленности содержат много органических загрязнений в коллоидном состоянии. После мойки оборудования растворами кальцинированной и каустической соды повышается щелочность сточных вод.

Микробиальные загрязнения производственных сточных вод не представляют серьезной опасности, за исключением воды после мойки сепараторов, которая содержит шлям от центрифуг.

Биохимическая потребность сточных вод в кислороде составляет 1200, иногда доходит до 2400 мг/л и более (сыродельные заводы). Незагнившие сточные воды имеют щелочную реакцию (рН 7...8,8); сточные воды, содержащие казеин, — кислую (рН 5,5...6). При загнивании происходит брожение и рН достигает 4,5...5.

При промывке масла, сыра, творога в сточные воды попадает незначительное количество жира (до 100 мг/л) в виде эмульсии. При мойке фляг, бочек, автомашин, помещений сточные воды загрязняются минеральными примесями (песок, глина, растворы кислот, щелочей).

Сточные воды сыродельного и маслодельного заводов (цехов) наиболее загрязнены взвешенными и растворенными органическими веществами (остатками молока, масла, сыворотки, зерен сыра, казеина),

находящимися в различной степени распада. Белок быстро гнивет с выделением резкого неприятного запаха.

Условно чистые воды сбрасываются от холодильных установок и различного охлаждаемого оборудования (пастеризаторов, вакуум-аппаратов). Они практически не загрязнены и имеют повышенную температуру до 40 °С.

Сточные воды предприятий молочной промышленности могут сильно загрязнять водоемы: содержащиеся в них органические соединения при биохимическом окислении интенсивно поглощают кислород, растворенный в воде, в результате чего фауна и флора водоемов погибают. Кроме того, углеводы и органические кислоты способствуют размножению в водоемах грибков, которые вызывают опасные заболевания скота. Поэтому непосредственный сброс сточных вод в водоемы без биологической очистки запрещен.

### §3. Внутренняя канализация

В зависимости от назначения здания и предъявляемых требований к сбору сточных вод проектируют следующие системы внутренней канализации:

- ♦ бытовую — для отведения сточных вод от санитарно-технических приборов (унитазов, умывальников, ванн, душей и др.);
- ♦ производственную — для отведения производственных сточных вод;
- ♦ объединенную — для отведения бытовых и производственных сточных вод при условии возможности их совместного транспортирования и очистки;
- ♦ внутренние водостоки — для отведения дождевых и талых вод с кровли здания.

В производственных зданиях допускается проектировать несколько систем канализации, предназначенных для отвода сточных вод, отличающихся по составу, агрессивности, температуре и другим показателям, с учетом которых смешение их недопустимо или нецелесообразно.

Раздельные сети производственной и бытовой канализации проектируют для производственных зданий, производственные сточные воды которых требуют очистки или обработки.



В зависимости от местных условий некоторые системы можно объединять. Такая система внутренней канализации называется *неполной раздельной*.

В некоторых случаях объединение систем не допускается. Например, отдельные системы обязательны для сброса сточных вод, содержащих жировые отходы; для сброса сточных вод из цехов, в которых вырабатывают пищевые продукты или медицинские препараты.

Внутренняя канализация начинается от водоприемника и кончается смотровым колодезём, расположенным вне здания на расстоянии 3...10 м от наружных стен.

Из смотровых колодезёв сточные воды попадают в дворовую наружную сеть и далее в городскую канализацию или на очистные сооружения.

Схема устройства производственной внутренней канализации показана на рис. 75.

Поэтажная канализация соединяется стояком 5. На стояке устанавливают ревизию 6 для прочистки труб при засорении (см. рис. 76, а).

Нижняя часть стояка служит для отвода стоков через смотровой колодез 1 в наружную дворовую канализацию. Верхняя вытяжная часть стояка 2 предназначена для вентиляции трубопроводов от скапливающихся вредных и дурнопахнущих газов (сероводорода, аммиака, метана).

Вода, стекающая на пол при мойке сырья оборудования и уборке помещений, а также при пользовании душами поступает в трап 4 (см. рис. 75 и рис. 76, б). При этом полы делают с четырехсторонним уклоном к трапу. Наиболее целесообразно делать полы с односторонним уклоном в сторону специального лотка. Вода стекает по лотку в трап и далее в стояк. Уклон лотка принимают 0,005...0,01, ширину 150...200 мм.

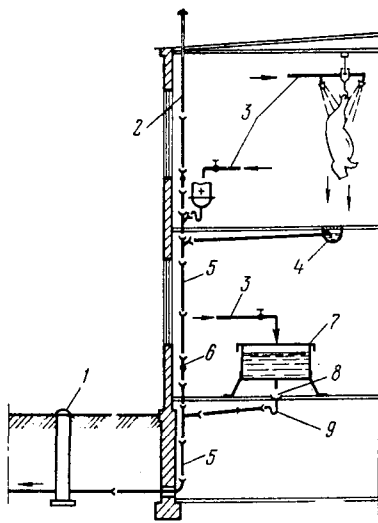


Рис. 75. Схема внутренней канализации:  
1 — смотровой колодез; 2 — вытяжная часть стояка; 3 — водопровод; 4 — трап; 5 — канализационный стояк; 6 — ревизия; 7 — чан; 8 — воронка; 9 — гидравлический затвор (сифон)

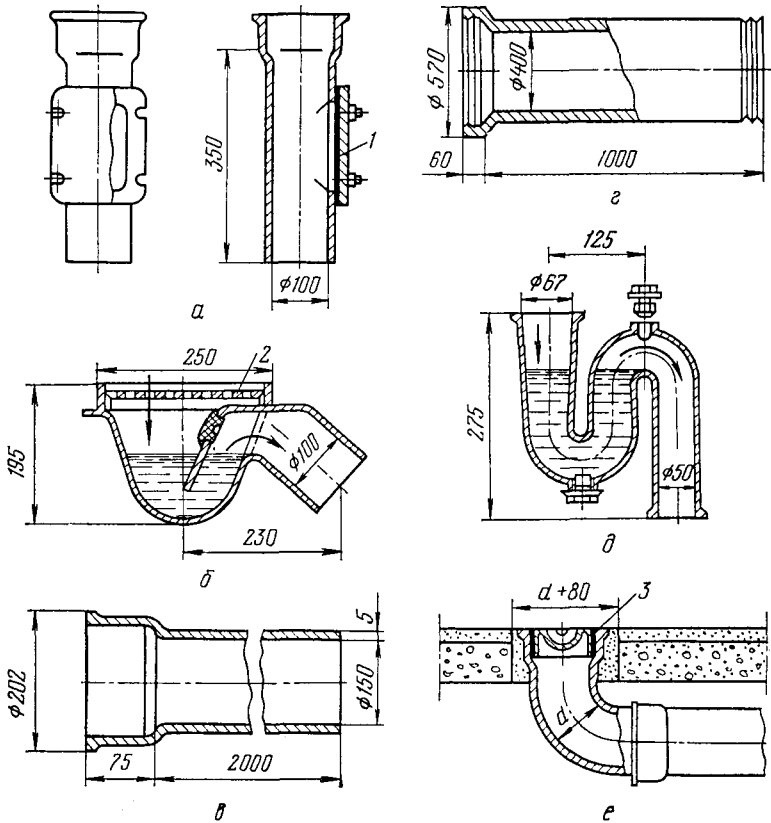


Рис. 76. Детали сети канализации:

*a* — ревизия с крышкой; *б* — схема трапа с встроенным гидравлическим затвором; *в* — чугунная раструбная труба; *г* — керамическая раструбная труба; *д* — сифон двухоборотный (гидравлический затвор); *е* — прочистка; 1 — резиновая прокладка; 2 — решетка; 3 — заглушка

Обычно устанавливают трапы с диаметром отводного патрубка 100 мм; количество трапов принимают из расчета 1 трап на 150 м<sup>2</sup> площади пола цеха.

На предприятиях мясной промышленности находят применение боенские трапы (рис. 77).

В боенском трапе в отличие от обычного трапа есть чугунный отстойник 2 для сбора мелких производственных отходов, попадающих в него через прозоры решетки 4. Периодически решетку снимают, от-

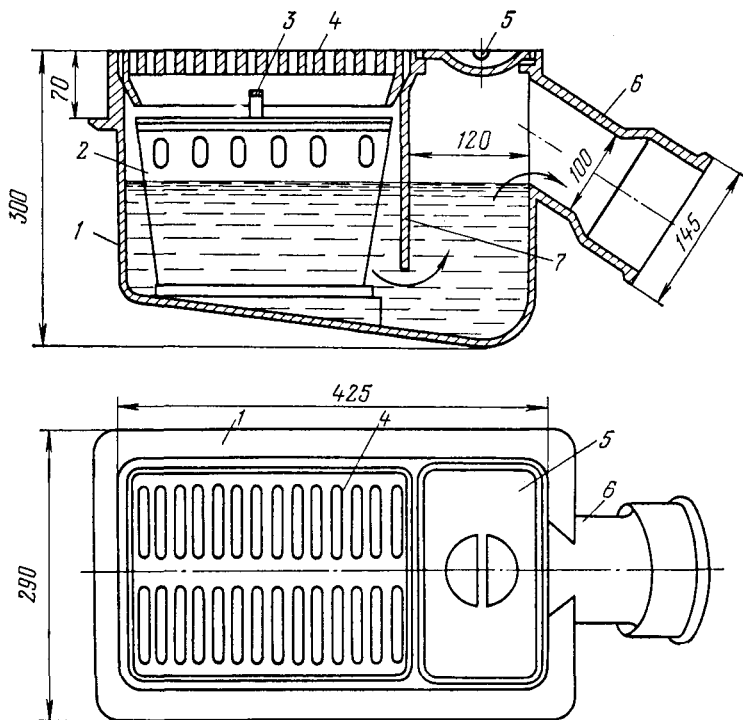


Рис. 77. Схема боевого трапа:

1 — чугунный корпус; 2 — отстойник; 3 — ручка отстойника; 4 — решетка; 5 — крышка-ревизия; 6 — отводной патрубок; 7 — перегородка

стойник вынимают и очищают от скопившихся кусочков кости, кожи, жировых отходов и пр.

Трап имеет встроенный гидравлический затвор и крышку-ревизию 5 для прочистки труб. Трапы, лотки, а также, подвесные канализационные трубопроводы располагать над рабочими местами и оборудованием для обработки пищевых продуктов не разрешается. Соединение бытовой канализации с производственной в цехах, вырабатывающих пищевые продукты, запрещено. Непосредственное соединение с канализационными трубопроводами машин, аппаратов, емкостей для обработки пищевых продуктов не допускается. Соединение осуществляют через сифон и воронку с воздушным разрывом. Разрыв от низа отводного патрубка оборудования до верха воронки должен быть не менее 20 мм.

Водоприемники присоединяют к сети горизонтальных поэтажных канализационных водоотводных трубопроводов, прокладываемых с малыми уклонами в сторону движения сточных вод.

Сточные воды из горизонтальных трубопроводов поступают в вертикальные стояки и далее в смотровые колодцы, расположенные за пределами здания. Чтобы сократить число смотровых колодцев, часть стояков следует по возможности объединять магистральным коллектором, прокладываемым внутри здания.

Водоприемники оборудуют гидравлическими затворами, которые предупреждают проникновение газов из канализационных трубопроводов в помещения. Гидравлические затворы могут быть в виде сифонов (см. рис. 76, *д*) или встроенными в водоприемник (трап, унитаз).

Для устранения засорений на горизонтальных участках трубопроводов в конечных точках устанавливают прочистки с пробками (см. рис. 76, *е*).

Самотечные безнапорные сети внутренней канализации, как правило, устраивают из чугунных раструбных канализационных труб, подобных водопроводным.

Раструбы труб и фасонных частей (кроме двухраструбных муфт) должны быть направлены против движения воды.

Стыки чугунных канализационных труб при монтаже должны быть уплотнены просмоленным пеньковым канатом или пропитанной ленточной паклей с последующей зачеканкой цементным раствором марки не ниже 100 или заливкой раствора гипсоглиноземистого расширяющегося цемента или расплавленной и нагретой до температуры 130...135 °С серой с добавлениями 10 % обогатленного каолина.

Допускается применение других уплотнительных и заполняющих стык материалов, согласованных в установленном порядке.

Применяют также безнапорные асбестоцементные, керамические и пластмассовые трубы.

Для напорных участков сети (при перекачке сточных вод с помощью насосов) применяют трубы, используемые для водопроводов. Трубопроводы выбирают с учетом состава, температуры и химической агрессивности сточных вод.

Прокладку трубопроводов в помещениях делают открыто с креплением труб к конструкциям зданий (стенам, колоннам, потолкам). Возможна скрытая прокладка с заделкой в строительные конструкции перекрытий, под полом (в земле, каналах), в подшивных потолках и приставных коробах у стен.

Повороты трубопроводов и ответвления от них осуществляют с помощью специальных фасонных частей — тройников, крестовин, отводов, переходов.

Канализация помещений для содержания скота состоит из системы открытых асфальтовых или бетонных лотков шириной 0,2...0,4 м, глубиной 0,02...0,2 м. Лотки служат для сбора мочи животных и промывных вод. Прокладывают их с уклоном 0,01 вдоль кормонавозных проходов. Стекающая по лоткам жидкость поступает в трапы (гидравлические затворы из чугуна, кирпича или бетона). Из трапов сточные воды отводятся по заглубленным трубам в жижесборник.

Жижесборник представляет собой кирпичный или бетонный резервуар, оборудованный люком и насосной установкой для перекачки жидкости в автоцистерны. Если жижесборник отстоит далеко от помещения то устанавливают смотровые колодцы для контроля и прочистки труб. Скапливающуюся жижу следует вывозить на поля, так как в ней содержится много необходимых для растений веществ. Жижесборники, колодцы, трубы необходимо утеплять опилками с известью или торфом.

При содержании скота на глубокой несменяемой подстилке канализацию, как правило, не предусматривают.

В системе канализации предусматривают устройства для дезинфекции сточных вод из карантина, изолятора и санитарной бойни. Открытые загоны для скота оборудуют навозоуловителем.

При устройстве внутренней канализации определяют число санитарных приборов (умывальников, душевых сеток, ножных и ручных ванн, унитазов и пр.), трапов.

Количество санитарных приборов в бытовых и производственных помещениях назначают в зависимости от групп производственных процессов и числа работающих мужчин и женщин в наиболее многочисленную смену в соответствии со строительными нормами и правилами СНиП 2.04.01–85.

Например, число кранов в умывальных принимают из расчета 1 кран на 10 человек, занятых переработкой пищевой продукции; число душевых сеток принимают из расчета 1 сетка на 7 мужчин или 6 женщин; одна ножная ванна устанавливается для 50 мужчин или 40 женщин.

Установив число необходимых водоприемников, составляют схему внутренних трубопроводов, указывая расположение санитарных приборов, и определяют расчетные расходы сточных вод по отдельным

участкам. При определении расчетных расходов надо пользоваться нормами водоотведения.

Диаметры трубопроводов, отводящих сточные воды от санитарных приборов, не рассчитывают, а принимают в зависимости от назначения и числа приборов.

Диаметры трубопроводов, отводящих производственные сточные воды, определяют расчетом (см. с. 273). Они обычно бывают 100, 150 и 200 мм.

Движение сточных вод по внутренней сети трубопроводов происходит самотеком. Следовательно, трубы надо укладывать с некоторым уклоном. Чем больше уклон, тем выше скорость течения воды.

Дождевые воды с кровли производственных зданий удаляют по системе внутренних водостоков, состоящих из водосточных (водоприемных) воронок, вертикальных трубопроводов (стояков) и выпусков. Воронки делают литыми из чугуна и располагают в кровле здания; место установки тщательно герметизируют гидроизоляционными материалами. Вода через воронку стекает в стояк, который обычно монтируют из чугунных, стальных или асбестоцементных напорных труб внутри здания около наружных стен или колонн. Выпуск (нижняя часть стояка) может быть выведен наружу у поверхности земли (трогуара) или присоединен к колодцу дворовой канализационной сети.

При размещении стояков в неотапливаемых или охлаждаемых помещениях трубы необходимо изолировать теплоизоляционными материалами во избежание образования наледей. Диаметры стояков принимают по расчету (примерно 100...200 мм), учитывая площадь водосбора и интенсивность дождя для данной местности.

Испытания систем внутренней канализации должны выполняться методом пролива воды путем одновременного открытия 75 % санитарных приборов, подключенных к проверяемому участку в течение времени, необходимого для его осмотра.

Выдержавшей испытание считается система, если при ее осмотре не обнаружено течи через стенки трубопроводов и места соединений.

## §4. Наружная канализация

Наружной канализацией предприятия называют комплекс сооружений, в состав которых входят: сеть подземных канализационных

трубопроводов с колодцами, местные (локальные) очистные сооружения и в некоторых случаях насосные станции перекачки, расположенные на территории предприятия за пределами зданий. Наружная канализация начинается от смотровых колодцев, к которым подключается внутренняя система канализации, и кончается местом сброса сточных вод в городскую канализацию.

Различают системы наружной канализации:

- ♦ хозяйственно-фекальную;
- ♦ производственную для грязных стоков, не содержащих жира;
- ♦ производственную для условно чистых вод;
- ♦ ливневую.

Наружная канализация является продолжением внутренней, поэтому число наружных канализационных сетей должно соответствовать числу внутренних.

Если невозможно воспользоваться городской канализацией, то для предприятия сооружают самостоятельные общие очистные сооружения (станции очистки) и намечают место для сброса очищенных стоков.

Городские наружные системы канализации чаще всего бывают общесплавными и раздельными. Система называется общесплавной, если все сточные воды отводятся по единой сети трубопроводов. При этом требуются очистные сооружения большой пропускной способности, мощные насосные станции и трубопроводы больших сечений. Общесплавные системы требуют больших экономических затрат и поэтому распространения не получили, хотя в санитарном отношении они наиболее совершенны.

Обычно сооружают полную раздельную систему, которая состоит из самостоятельных сетей. По одной сети отводят хозяйственно-фекальные и загрязненные производственные сточные воды на очистные сооружения. По другой сети труб и каналов сбрасывают атмосферные и условно чистые производственные воды без очистки в водоемы.

Трубопроводы бытовой, производственной и дождевой канализации допускается прокладывать в одной траншее.

На мясокомбинатах устраивают до четырех самостоятельных канализационных сетей: для условно чистых вод, производственных зажиренных, производственных незажиренных и бытовых. При большой концентрации загрязнений, не соответствующей требованиям биологической очистки, производственные, грязные сточные воды объеди-

няют с условно-чистыми; благодаря этому концентрация загрязнений снижается.

Такое же решение принимают, если сточные воды мясокомбината выпускаются в городскую канализацию малой мощности.

На предприятиях молочной промышленности сооружают единую наружную канализационную систему, подсоединяя ее к городской канализации. Допускается строительство двух сетей: для условно-чистых и загрязненных сточных вод.

Канализация предприятий мясной промышленности значительно сложнее, чем предприятий молочной промышленности. На территории предприятий мясной промышленности предусматривают следующие местные очистные сооружения:

- ♦ песколовки-жироловки для очистки производственных сточных вод, содержащих песок и жиры;
- ♦ навозоуловители с решетками для сточных вод из помещений содержания скота;
- ♦ навозоуловители и отстойник-дезинфектор для сточных вод и карантина, изолятора и санитарной бойни;
- ♦ отстойник для зольных вод желатинового цеха;
- ♦ сооружения для сбора и удаления каныги;
- ♦ устройства для улавливания навоза, грязи, масла бензина и дезинфекции при пункте санитарной обработки автомашин.

Для устройства дворовой наружной канализации используют керамические, асбестоцементные и бетонные трубы диаметрами не менее 150 мм, а для жиросодержащих сточных вод не менее 200 мм. Чаще всего применяют керамические раструбные трубы, имеющие диаметры до 600 мм и длину 0,8...1,2 м. Для большей плотности стыков на гладком конце трубы предусмотрены кольцевые канавки. При стыковке используют просмоленный канат, которым конопатят раструбный кольцевой паз. Затем стык заливают горячим битумом или замазывают цементным раствором. Внутри стенки керамических труб покрыты глазурью; это способствует уменьшению шероховатости стенок и гидравлических сопротивлений.

Асбестоцементные трубы имеют хорошие гидравлические показатели, мало подвержены коррозии, их легко обрабатывать и монтировать. Асбестоцементные трубы применяют безнапорные диаметрами до 700 мм. Стыкуют их с помощью муфт и резиновых колец.

Бетонные трубы изготовляют из песчано-цементных растворов. Для больших диаметров предусматривают стальную арматуру, повы-



шающую прочность стенок труб. Бетонные и железобетонные трубы применяют в основном для ливневой канализации.

Заглубление трубопроводов определяется глубиной промерзания и возможностью разрушения труб с поверхности земли движущимся транспортом. Наименьшая глубина заземления допускаются 0,7 м от поверхности земли до верха трубы.

Прокладку трубопроводов производят с учетом рельефа местности, планировки зданий и расположения выпусков внутренней канализации. Трубопроводы прокладывают параллельно линии застройки на расстоянии не менее 3 м от фундаментов зданий.

Подземные трубопроводы монтируют без фасонных частей, строго прямолинейно. В местах поворотов, изменения уклонов, диаметров или в узловых точках, где соединяются отдельные ветви трубопроводов, устанавливают смотровые поворотные и узловые колодцы. В колодцах трубопровод прерывается, что дает возможность осуществлять прочистку трубопроводов при засорениях. На дне колодца делают лоток для протока воды.

Смотровые (линейные, или контрольные) колодцы устанавливают также на длинных прямых участках сети. При диаметрах труб 150...600 мм расстояние между этими колодцами принимают соответственно от 35 до 75 м.

Канализационные колодцы применяют для прочистки сети и контроля за ее работой. Колодцы делают круглыми из сборных железобетонных элементов заводского изготовления или прямоугольными для трубопроводов диаметрами более 500 мм. На бетонном дне колодца устраивают лоток, позволяющий воде перетекать из одной трубы в другую. Все колодцы перекрывают специальными чугунными крышками (люками) и оборудуют скобами, из круглой стали для спуска обслуживающего персонала для ремонта и прочистки трубопроводов.

В узловых точках, когда присоединяемый и магистральный трубопроводы находятся на разных уровнях, предусматривают перепадные колодцы. В перепадных колодцах устраивают специальные водосливные трубы во избежание размыва дна колодца падающей струей воды и для удобства эксплуатации. Падающую струю заключают в трубу, по которой сточные воды сбрасываются на дно колодца без удара и брызг. Перепадные колодцы устраивают также на трубопроводах, расположенных на крутых рельефах местности.

Если сточные воды имеют кислую реакцию ( $\text{pH} < 7$ ), то для строительства колодцев используют клинкерный, битумизированный кисло-

тоупорный кирпич или кислотоупорный бетон. В этих колодцах металлические скобы не устанавливают, а для спуска пользуются лестницей.

Для сбора снеговых и дождевых вод, а также вод, образующихся при поливе территории предприятия, предусматривают дождеприемные колодцы и сеть ливневых трубопроводов.

## §5. Гидравлический расчет трубопроводов

По канализационной сети в отличие от водопроводной вода движется самотеком. Для этого трубопроводы укладывают под определенным геометрическим уклоном, который равен отношению (рис. 78):

$$J = \frac{h}{l} \quad (64)$$

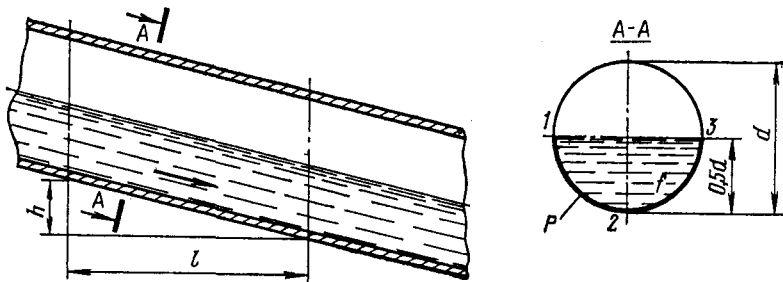


Рис. 78. Сечение канализационной трубы:  
 $f$  — живое сечение потока,  $m^2$ ;  $p$  — смоченный периметр,  $m$

При гидравлическом расчете канализационных трубопроводов определяют диаметры труб с учетом расхода сточных вод и проверяют скорость течения, которая должна обеспечить оптимальную транспортирующую способность потока для сплава всех загрязнений.

Из уравнения равномерного движения жидкости можно определить площадь поперечного сечения потока, называемого живым сечением  $f$ :

$$f = \frac{G}{v} M^2, \quad (65)$$

где  $G$  — расчетный расход сточной жидкости,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $v$  — скорость течения воды,  $\text{м}/\text{с}$ .

Расчетное наполнение канализационных труб принимают примерно наполовину их диаметра. Чем больше диаметр, тем больше принимают величину заполнения трубы. Оставшаяся свободная верхняя часть сечения трубы обеспечивает увеличение пропускной способности, а также служит для вентиляции трубопроводов (см. рис. 78).

Таким образом, приняв для частного случая площадь живого сечения равной половине площади поперечного сечения трубы диаметром  $d$ , определяют величину этого диаметра (в мм):

$$\frac{\pi d^2}{2 \cdot 4} = \frac{G}{v}, \quad (66)$$

откуда

$$d = 1600 \sqrt{\frac{G}{v}}. \quad (67)$$

Скоростью течения воды в уравнении задаются, исходя из следующих соображений. Чем больше принятая скорость, тем меньше расчетные диаметры труб. Однако при больших скоростях наиболее вероятно быстрое истирание нижней части стенок труб движущимися минеральными твердыми частицами, осколками стекла, металла, попавшими в канализацию. При небольших скоростях произойдет выпадение осадков из сточных вод и засорение (заилиение) трубопроводов, кроме того при этом диаметры труб будут большие, что экономически невыгодно.

Минимальная скорость загрязненных производственных сточных вод  $0,75 \text{ м}/\text{с}$ , за жиренных сточных вод —  $1 \text{ м}/\text{с}$ . При расчетах обычно принимают скорости в пределах  $1,5 \dots 2,0 \text{ м}/\text{с}$ .

Правильность принятой скорости  $v$  (в  $\text{м}/\text{с}$ ) можно проверить по формуле:

$$v = c \sqrt{RJ}, \quad (68)$$

где  $R$  — гидравлический радиус, характеризующий отношение живого сечения потока к смоченному периметру (см. рис. 78),  $\text{м}$  ( $R = f/p$ );  $J$  — геометрический уклон трубопровода, принимаемый по табл. 8;  $c$  — скоростной коэффициент, учитывающий шероховатость стенок трубы и величину гидравлического радиуса:

$$c = \frac{1}{n} R^{1/6}. \quad (69)$$

Здесь  $n$  — коэффициент шероховатости для канализационных керамических и чугунных труб ( $n = 0,013$ ).

Таблица 8

**Диаметры, уклоны и наполнения канализационных трубопроводов**

Канализация	Диаметр, мм	Уклон трубопроводов, не менее	Наполнение, в долях диаметра, не более
Внутренняя бытовая	50	0,025...0,035	0,5
	100	0,012...0,02	0,5
	150	0,007...0,01	0,6
	200	0,005...0,008	0,6
Внутренняя производственная	50	0,02...0,03	0,5...0,8
	100	0,008...0,012	0,7...0,8
	150	0,005...0,007	0,7...0,8
	200	0,005	0,8
Наружная	150...300	0,005...0,008	0,6
	300 и более	0,005	0,7...0,8

**Примечание.** Большие уклоны и малые наполнения рекомендуются для загрязненных сточных вод; меньшие уклоны и большие наполнения — для незагрязненных и дождевых.

Если скорость потока после проверки не будет соответствовать принятой величине, то следует изменить уклон и вновь подсчитать скорость.

При практических расчетах определение диаметров обычно производят по расчетным таблицам. По заданному уклону, расходу и расчетному наполнению можно определить диаметр и скорость течения воды.

Диаметры трубопроводов внутренней бытовой канализации подбирают в зависимости от числа установленных санитарных приборов. Если же требуется определить диаметр трубы для отведения больших расходов воды, то расчет ведут, как изложено выше.

Подобным же методом можно рассчитать сечение открытых каналов и лотков для транспортировки жидкости самотеком.

## **§6. Использование ЭВМ для расчета канализационных сетей**

Канализационная сеть в полном объеме описывается математически. Например, известны зависимости между параметрами для бытовой

сети: глубиной воды в коллекторе и площадью живого сечения потока; зависимость между той же глубиной и смоченным периметром; зависимость расхода от уклона; площади и шероховатости смоченного периметра; уравнения баланса расходов по узлам сети; формула для коэффициента неравномерности; зависимость стоимости единицы длины коллектора от его диаметра и глубины укладки и т.д. На эти параметры налагаются ограничения (обычно в виде неравенств), например, глубина заложения лотка коллектора не должна быть менее заранее указанной; отметка воды в начале данного коллектора не должна быть выше отметки воды в конце коллектора, примыкающего к нему, и т.д.

При составлении программы для ЭВМ должен быть использован весь математический аппарат путем разработки математической модели объекта. Разница между математическим описанием и математической моделью заключается в том, что в состав первого входит перечень уравнений (например, формула Шези, формула не заиливающей скорости), перечень неравенств (например, неравенства для глубины заложения лотка коллектора и для скорости движения сточной жидкости) и перечень прочих выражений (например, выражение для стоимости сети). Математическая модель объекта включает в себя полностью его математические описания и в дополнение к этому содержит порядок использования этого описания при решении задачи на ЭВМ.

Математическая модель объекта, как правило, используется для разработки алгоритмов, необходимых для написания программы для ЭВМ. Применение стандартных программ является наиболее распространенным способом механизации расчетов на ЭВМ. Для расчета однотипных объектов, для которых требуются одни и те же стандартные программы, последние объединяют в пакет прикладных программ (ППП).

Наиболее высокий уровень автоматизации вычислительного труда достигается в системах автоматизированного проектирования (САПР). Эти системы позволяют получить не только самые оптимальные значения параметров объектов, но и материалы, необходимые непосредственно для монтажа. К таким материалам относятся сметы, проекты производства работ и даже рабочие чертежи, изготовленные ЭВМ с помощью графопостроителя, и др.

Разработаны и действуют программы по расчету на ЭВМ канализационных сетей. Так, программа SETKAN, составленная на алгоритмическом языке ПЛ/1, относится к большим программам, так как число входящих в нее операторов превышает 900. Эта программа универсальна и в данном отношении равнозначна пакету прикладных

программ, предназначенному для расчета бытовых, дождевых, общесплавных канализационных сетей — как новых, так и реконструируемых, для целей проектирования и эксплуатации.

Используются и другие программы расчета канализационных сетей на ЭВМ. Разработаны пакет прикладных программ для расчета бытовых сетей, программа расчета дождевой сети. Составлены программы для расчета канализационных сетей, в том числе и такие, которые позволяют оптимизировать начертание сети и насосной перекачки. Разработаны программа расчета дождевых канализационных сетей, программа расчета канализационной сети с использованием алгоритмического языка БЭЙСИК. Последняя программа дает возможность определить геометрические параметры труб для участков канализационной сети, проверить скорость течения воды на участках трубопровода.

## § 7. Пример расчета диаметра труб и скорости движения сточных вод

**Исходные данные.** Отвод сточных вод  $q_1 = 1,9$  л/с,  $q_2 = 1,2$  л/с, уклон трубопроводов  $Y = 0,02$ , степень заполнения труб  $0,5d$ , скорость течения воды  $v = 1,0 \dots 3,0$  м/с. Определить диаметры канализационных труб по участкам 1—2 и 2—3 (рис. 79), подобрать ближайший стандартный диаметр чугунных канализационных труб и проверить скорость течения сточных вод.

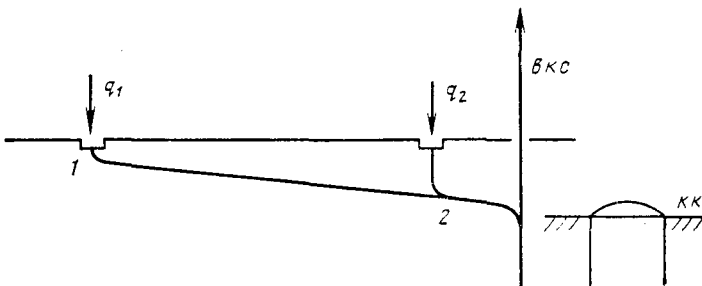


Рис. 79. Схема отвода сточных вод

**Решение.** Диаметр канализационных трубопроводов можно определить из уравнения (65).

Так как по условию степень заполнения труб составляет  $0,5d$ , то расчетная формула для определения диаметра примет вид формулы (67).

Вычисляя, получим для участка 1—2

$$d = \sqrt{\frac{8 \cdot 1,9 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 2,0}} = \sqrt{2,42 \cdot 10^{-3}} = 0,049 \text{ м.}$$

Принимаем для участка 1—2 ближайший стандартный диаметр чугунных труб  $d = 50$  мм (табл. 8).

Для участка 2—3

$$d = \sqrt{\frac{8 \cdot 3,1 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 2,0}} \approx 0,062 \text{ м.}$$

Ближайший стандартный диаметр для участка 2—3  $d = 100$  мм.

Фактическая скорость течения сточной воды определяется по формуле (68).

Таким образом, для участка 1—2

$$v_{1-2} = \frac{1}{0,013} \cdot \left(\frac{0,05}{4}\right)^{1/6} = 76,9 \cdot \frac{1}{6} \lg 0,0125 \approx 0,63 \text{ м/с;}$$

$$v_{1-2} = 0,63 \text{ м/с} < [v].$$

Для участка 2—3

$$v_{2-3} = \frac{1}{0,013} \cdot \left(\frac{0,1}{4}\right)^{1/6} = 76,9 \cdot \frac{1}{6} \lg 0,025 \approx 0,89 \text{ м/с;}$$

$$v_{2-3} = 0,89 \text{ м/с} < [v].$$

## **Глава 8. Охрана окружающей среды и мероприятия по защите водной и воздушной среды**

### **§ 1. Методы очистки сточных вод**

Степень вовлечения водных ресурсов в общественное производство увеличилась настолько, что охрана водных источников от загрязнения и истощения стала одной из главных задач, определяющих развитие промышленного и сельскохозяйственного производства.

Мясная, молочная и рыбная отрасли промышленности России являются довольно крупными потребителями воды. Так, например, на нужды мясной отрасли расходуется более 150 млн м<sup>3</sup> воды в год, т. е. 16...25 м<sup>3</sup> на каждую тонну вырабатываемой продукции.

В результате выполнения производственных операций в воду попадают различные виды загрязнений, среди которых преобладают отходы производства, унесенные водой компоненты сырья и материалов. Отработавшая в производственном цикле вода отводится в канализационную систему предприятия.

Водоснабжение предприятий осуществляется из городских или собственных водопроводов. Вода, используемая на бытовые и технологические нужды, по качеству должна соответствовать питьевой. Техническая вода разрешена к применению в системах водяного охлаждения (оборотного и повторного использования), а также для мойки машин, полива территории и некоторых других нужд. В качестве технической воды для повторного применения может быть использована малозагрязненная (например, получившая тепловое загрязнение) вода. Подавляющее количество отечественных предприятий имеют и эксплуатируют оборотные системы водоснабжения компрессорных цехов и холодильников, на некоторых реализованы системы повторного использования воды.

Сточные воды предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности подвергают механической и биологической (биохимической) очистке. С помощью механической очистки из сточных вод извлекают нерастворимые оседающие и всплывающие загрязнения. Механическая очистка необходима для предупреждения засорения канализационных трубопроводов большими массами отходов (песок, навоз, каныга, бой стекла, кость, шерсть, пух, перо, частицы мяса, жира), которые затрудняют последующую биологическую очистку. Кроме того, большинство



канализационных отходов после соответствующей обработки может быть утилизировано. Жир может быть выделен из сточных вод различными способами: отстаиванием (всплыванием), флотацией с помощью воздуха (аэрированием), напорной флотацией (искусственное насыщение воды воздухом), электрофлотацией, сепарированием. Флотацию применяют для ускорения всплывания жировых частиц.

В процессе биологической очистки сточные воды очищают от органических примесей, находящихся во взвешенном, растворенном и коллоидном состоянии (бульоны, кровь, молоко, пахта, сыворотка).

Биологический метод очистки основан на способности различных микроорганизмов использовать для своего развития содержащиеся в сточных водах белки, углеводы, спирты, органические кислоты. При этом в результате так называемого аэробного биохимического процесса органические загрязнения интенсивно окисляются, минерализуются, выпадают в осадок и образуется прозрачная незагнивающая жидкость (содержащая растворенный кислород), пригодная для сброса в водоем.

В естественных природных условиях биохимический процесс протекает сравнительно медленно. Поэтому для его ускорения искусственно создают благоприятные условия для интенсивного размножения и жизнедеятельности микроорганизмов на специальных очистных сооружениях.

Скопления аэробных микроорганизмов, развивающихся в процессе очистки сточных вод, называют активным илом или биологической пленкой.

Активный ил в виде хлопьев бурого цвета хорошо наращивается в сточной воде аэротенков. Развитие ила резко нарушается при температуре среды менее 6...8 °С, при высокой концентрации загрязнений и наличии токсичных веществ; реакция воды должна быть в пределах рН 6...8. Биологическая пленка образуется на поверхности загрузкиочного материала (гравий, щебень) биологических фильтров.

Очищенные сточные воды перед сбросом в водоем обеззараживают для уничтожения патогенных микроорганизмов. Для дезинфекции используют жидкий хлор, раствор хлорной извести или гипохлорит натрия; возможна дезинфекция сточных вод электроискровыми разрядами и озоном.

Санитарно-защитные зоны (разрывы) между внеплощадочными канализационными сооружениями и предприятиями пищевой промышленности устанавливают соответственно производительности этих сооружений.

## §2. Механическая очистка сточных вод

Сооружения для механической очистки сточных вод включают решетки, навозоуловители, песколовки, грязеотстойники, бензо- и маслоуловители, жироловки, отстойники и дезинфекторы.

Простейшим устройством для механической очистки являются решетки, которые устанавливают перед местными очистными сооружениями и приемными резервуарами насосных станций.

Стержни решеток делают из стальных прямоугольных полос  $40 \times 10$  мм, с которых легко, без заклинивания снимаются отбросы. Прозоры между прутьями решеток могут быть в пределах 16...20 мм в зависимости от требуемой степени очистки, размера и количества загрязнений. Скорость течения воды в прозорах между прутьями допускается 0,7...0,8 м/с при наибольшем притоке.

Площадь решетки должна составлять не менее двойной площади живого сечения подводящего канала при ручной очистке решетки и не менее 1,2 — при механической очистке.

Песколовки применяют для улавливания песка, шлака, боя стекла и других примесей, плотность которых больше плотности воды.

Песколовка представляет собой бетонный резервуар, в котором жидкость движется с малой скоростью ( $v = 0,15 \dots 0,3$  м/с). При таких скоростях интенсивно выпадают тяжелые частицы, а органические примеси не успевают осесть и минуют песколовку.

Песколовка состоит из секций, что позволяет поочередно перекрывать шиберами и удалять скопившийся обезвоженный осадок. Для обезвоживания осадка на дно секций насыпают слой крупного гравия, в котором размещают дренажные (дырчатые) гончарные или асбестоцементные трубы. Ориентировочные размеры секции: ширина 0,5...0,8; глубина проточной части 0,25...1; длина 5...10 м.

Жироловки предназначены для отделения жировых примесей. Различают отстойные, призматические, электрофлотационные жироловки, а также жироловки с напорной флотацией. Наиболее распространены жироловки отстойного типа и флотационные с продувкой воздухом.

На мясокомбинатах решетки, песколовки и жироловки иногда объединяют и размещают в одном полуподземном помещении.

Схема отстойной жироловки, совмещенной с песколовкой, показана на рис. 80.

Песколовка состоит из двух секций  $l$  шириной по 0,25 м. Для обезвоживания осадка применены асбестоцементные дренажные трубы  $3$

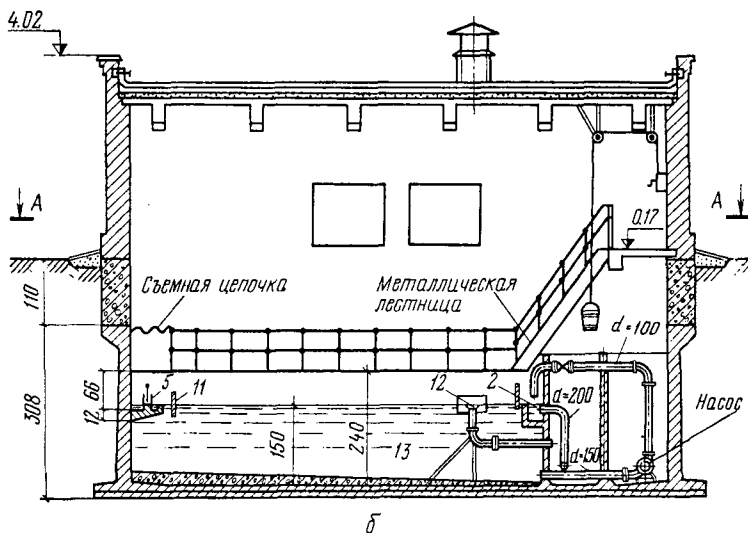
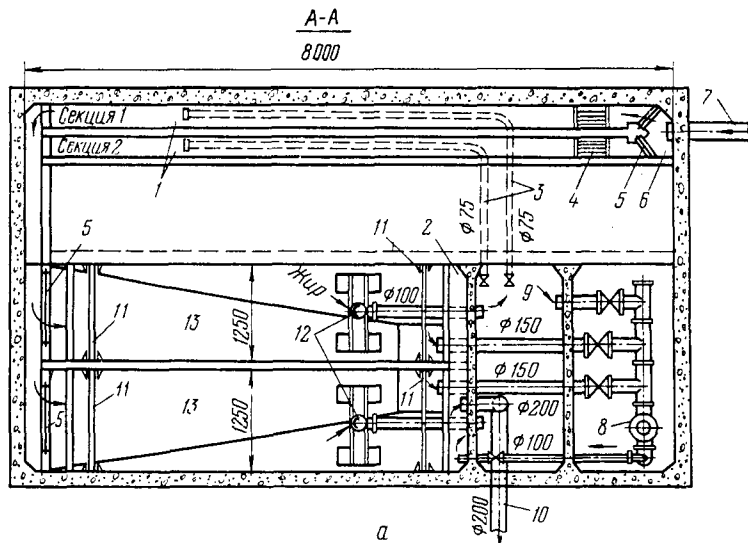


Рис. 80. Песколовка-жироловка:

а — план; б — разрез; 1 — секция песколовки; 2 — сборный лоток; 3 — дренажные трубы; 4 — решетки; 5 — шибер; 6 — приемная камера; 7 — подводящая труба; 8 — насос; 9 — колодец для сбора жира; 10 — выпускной трубопровод; 11 — полуогруженные доски; 12 — жиросборная воронка; 13 — проточная камера жироловки

диаметром 75 мм с просверленными отверстиями размером 4...5 мм. При очистке секции дренажная вода спускается в нижнюю часть жирового колодца 9. Приемная камера 6 песколовки оборудована шиберами 5, которыми можно перекрывать секции для очистки. Решетка 4 выполнена из стальных прутьев. Далее сточные воды поступают в камеры 13, где жиромасса отстаивается. При максимальном притоке жидкости до  $40 \text{ м}^3/\text{ч}$  объем камеры  $10 \text{ м}^3$  (длина 5, глубина 1,5, ширина 1,25 м). Жировая масса всплывает и через переливные воронки 12 попадает в колодец 9. Осадок со дна отстойных камер и сборного колодца перекачивается насосом 8 в лоток 2 и по трубе 10 вместе с очищенной водой сбрасывается через общезаводскую сеть канализации на очистные сооружения. Сбор и удаление жировой массы производят вакуум-воздушными установками или вручную с помощью бады и лебедки.

Резервуары жироловок бывают прямоугольные и призматические. Последние считают наиболее эффективными. Резервуар призматической жироловки (рис. 81) разделен вертикальными перегородками 2 на три части.

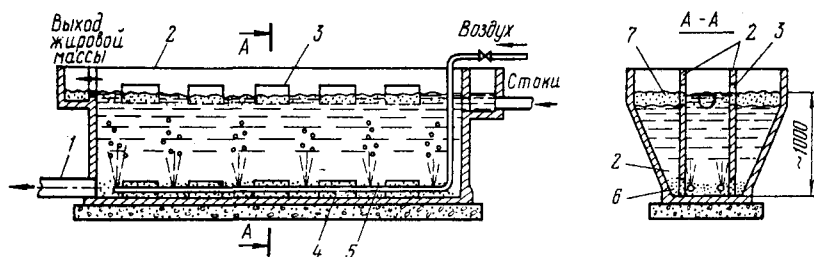


Рис. 81. Схема призматической жироловки с продувкой воздухом:

1 — отводящая труба обезжиренной воды; 2 — перегородка; 3 — верхние отверстия; 4 — нижние отверстия; 5 — воздушная труба; 6 — осадок; 7 — жировая масса

Среднюю проточную часть рекомендуется аэрировать. Пузырьки воздуха, выходящие из перфорированной трубы 5, ускоряют всплывание жировых частиц. На продувку  $1 \text{ м}^3$  сточной жидкости расходуется  $0,5...0,6 \text{ м}^3$  воздуха. Всплывшая жировая масса через верхние отверстия 3 в перегородках переходит в боковые отстойные секции. Осадок сползает по наклонным стенкам, через нижние отверстия 4 попадает в проточную часть и вместе с обезжиренной водой вытекает по отводной трубе 1 в дворовую наружную канализацию. Сточная вода в жироловке находится 15...20 мин. Скорость протока  $0,015...0,03 \text{ м/с}$ , в зависимости от величины скорости всплывания жировых частиц

0,01...0,005 м/с, которые должны успеть всплыть, пока двигаются по пути, равному длине проточной части жироловки.

После отделения крупных примесей, песка и жира сточные воды сбрасывают в городскую канализацию. Если такой возможности нет, то сточные воды пропускают через отстойники. Отстойники предназначены для осаждения грубодисперсных нерастворенных веществ и части органических загрязнений. Отстойники, устанавливаемые перед сооружениями для биологической очистки, называют *первичными*, а после сооружений — *вторичными*. Различают горизонтальные, вертикальные, радиальные отстойники и осветлители-перегниватели.

Скорость протекания жидкости через отстойники должна быть достаточно малой, чтобы примеси не выносились за пределы отстойника.

Наибольшее распространение получили вертикальные отстойники с производительностью до  $50 \text{ м}^3$  в сутки и продолжительностью отстаивания от 45 мин до 1,5 ч (рис. 82).

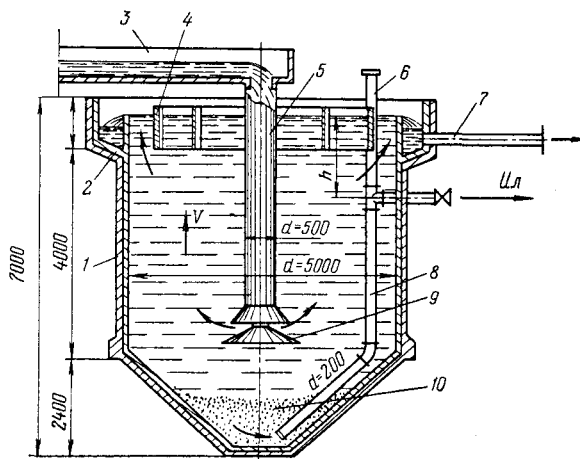


Рис. 82. Вертикальный отстойник:

1 — железобетонный резервуар; 2 — кольцевой сливной желоб; 3 — подающий лоток; 4 — полупогруженные доски; 5 — центральная труба; 6 — прочистка; 7 — выход отстаившейся воды; 8 — илопровод; 9 — отражательный щит; 10 — осадок (ил)

Они представляют собой цилиндрический железобетонный резервуар с коническим днищем. Диаметр цилиндрической части достигает 10 м.

Сточные воды по лотку поступают в центральную трубу с отражательным щитом. Скорость движения воды в центральной трубе

0,03 м/с, а цилиндрической части отстойника — 0,0005...0,0007 м/с. Органические примеси будут оседать на дне, если скорость выпадения примесей будет больше или равна скорости потока в цилиндре отстойника. Осадок собирается в конусной части и периодически по илопроводу за счет гравитационного давления столба жидкости ( $h \geq 1,5$  м) выдавливается на дальнейшую обработку.

Осветленная вода сливается в кольцевой лоток, а всплывшие примеси собираются на поверхности, огражденной полупогружными досками, и удаляются из отстойника.

Для отстаивания сточных вод и обработки (сбраживания) осадка применяют септики (гнилостные резервуары), двухъярусные отстойники (эмшеры), осветлители-перегниватели, контактные отстойники-дезинфекторы.

Септики — наиболее простые сооружения, которые применяют для небольших систем канализации с расходом сточных вод до  $25 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Они состоят из двух или трех смежных полуподземных камер (отстойников), оборудованных люками и естественной вентиляцией. Глубина камеры (считая от уровня воды) должна быть не менее 1,3 м, площадь поперечного сечения —  $1 \text{ м}^2$ , максимальная глубина не более 3,2 м. Для обеззараживания воды предусматривают контактную камеру объемом не менее  $0,75 \text{ м}^3$ .

В септиках протекают анаэробные процессы гниения. После очистки вода имеет мутный цвет, резкий запах сероводорода и кислую реакцию. Процессы обработки протекают медленно, качество очистки сточных вод невысокое. Поэтому септики не рекомендуются для предприятий мясной и молочной промышленности.

Двухъярусные отстойники (рис. 83), представляют собой круглые вертикальные сооружения, в верхней части которых расположен один или два отстойных щелевых желоба 2.

Вода перетекает по желобу со скоростью не более 2 мм/с,

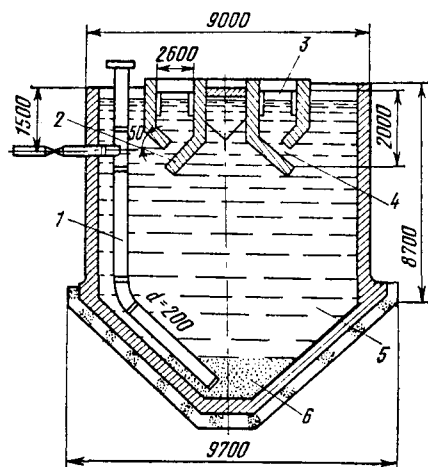


Рис. 83. Схема двухъярусного отстойника:  
1 — илопровод; 2 — отстойные желоба; 3 — плавающие полупогруженные доски; 4 — щель (0,15 м);  
5 — септическая зона; 6 — ил

отстаивается и поступает далее на биологическую очистку. Осадок проваливается через шель 4 в септическую зону 5, где перегнивает. Перегнивший (созревший) осадок один раз в 10 дней под действием гидростатического давления удаляют через иловую трубу 1.

Осветлители-перегниватели с естественной аэрацией воды и камерой флокуляции применяют на предприятиях мясной и молочной промышленности для первичного отстаивания сточных вод и обработки осадка (рис. 84).

Сточные воды из лотка 1 поступают в центральную трубу с перепадом уровней жидкости в распределительной чаше 2 и камере флокуляции 5 не менее 0,6 м. Благодаря этому в центральной трубе создаются скорости около 0,7 м/с, что обеспечивает подсос воздуха из атмосферы и перемешивание его со сточной жидкостью. Интенсивная аэрация ускоряет процессы самокоагуляции с последующим отстаиванием взвешенных частиц и осветление жидкости.

Диаметр бетонного осветлителя не более 15 м, разность уровней жидкости 0,6 м, глубина камеры флокуляции 4...5 м. Объем камеры флокуляции рассчитывают из условий пребывания в ней сточных вод не менее 20 мин. Чтобы перегниватель не охлаждался, зимой его перекрывают деревянными щитами 3. Во избежание образования корки предусматривается перекачка части осадка насосами обратно в перегниватель по трубопроводу 4. По трубам 7 и 8 осадок из камер осветлителя и перегнивателя поступает на насосную иловую станцию.

Метантенки — железобетонные резервуары с коническим дном — применяют для ускорения перегнивания свежего ила, поступающего из отстойников. При подогревании осадка в метантенках

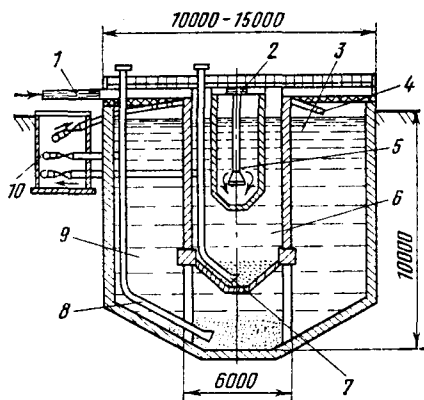


Рис. 84. Схема осветлителя-перегнивателя:

1 — подводящий лоток; 2 — распределительная чаша; 3 — деревянные щиты; 4 — напорные трубы для подачи ила; 5 — камера флокуляции; 6 — осветлитель; 7, 8 — трубопроводы для подачи осадка на насосную станцию

происходит интенсивный распад органических веществ за счет работы анаэробных бактерий. Ил подогревают при помощи змеевиков, расположенных в иловой камере, по которым циркулируют горячая вода и пар.

Температуру ила поддерживают на уровне 30...33 °С при мезофильном брожении и 50...52 °С — при термофильном. Интенсивность сбраживания увеличивается также за счет перемешивания ила в иловой камере. Образующиеся в метантенке газы (углекислый газ и метан) собирают в газовом колпаке и затем отводят в газгольдеры. Полученный в метантенках метан можно использовать как топливо.

### §3. Биологическая очистка сточных вод

Степень загрязнения воды органическими веществами можно определить по количеству кислорода, необходимому для окисления органических веществ под воздействием аэробных микроорганизмов-минерализаторов, которые существуют в присутствии кислорода. Общее количество кислорода, необходимое для окисления органических веществ аэробными микроорганизмами, называется биохимической потребностью в кислороде, обозначается БПК и выражается количеством кислорода в мг/л или г/м<sup>3</sup>.

В качестве основного показателя для расчета очистных сооружений служит величина БПК<sub>полн</sub>, т. е. количество кислорода, расходуемого для полного окисления биохимическим путем. Для многих видов сточных вод для проведения полного биохимического процесса необходимо 20 сут, т. е. БПК<sub>полн</sub> равна БПК<sub>20</sub>.

Общее количество кислорода, необходимое для перевода углерода органических соединений в углекислый газ, водорода в воду, азота в аммиак, серы в серный ангидрид, называется химической потребностью в кислороде, обозначается ХПК.

Разность ХПК — БПК<sub>20</sub> может служить показателем прироста микробиальной среды (ила). Для хозяйственно-бытовых сточных вод эта разница не имеет существенного значения, так как БПК<sub>20</sub> в этом случае составляет примерно 86 % ХПК; однако производственные сточные воды имеют ХПК, превышающую БПК<sub>20</sub> на 50 % и более.



Соотношение между БПК<sub>20</sub> и ХПК указывает на необходимость применения биохимической очистки сточных вод.

Биологическая очистка является второй и окончательной ступенью очистки сточных вод предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности.

После механической очистки БПК сточной воды снижается на одну треть. Остальная часть органических загрязнений удаляется при помощи биологической очистки.

Различают полную и неполную биологическую очистку. После полной очистки получают сточную воду, имеющую БПК для окисления оставшихся растворенных загрязнений в размере 10...15 мг/л; после неполной очистки — 30...50 мг/л.

К наиболее простым и дешевым в строительстве и эксплуатации сооружениям для биологической очистки сточных вод относятся поля орошения и фильтрации, биологические пруды, циркуляционные окислительные каналы, или аэроканалы. Более эффективными, но сложными и дорогими в исполнении, являются биологические фильтры и аэротенки различных типов в комплексе со вспомогательным оборудованием (хлораторные, смесители, дезинфекторы, дозаторы, насосные и компрессорные станции, трубопроводы).

Поля орошения представляют собой спланированные земляные площадки с сетью каналов, предназначенные для выращивания в основном кормовых культур.

Поля орошения могут служить только для биологической доочистки сточных вод, прошедших предварительную очистку.

Воду на полях орошения распределяют по бороздам, по полосам (затоплением), по подпочвенным дренажным оросительным трубам. Для подпочвенного орошения на глубине 0,5...1,8 м укладывают керамические или асбестоцементные трубы диаметром 75...100 мм без герметизации стыков. Такие поля называют *полями подземной фильтрации*. Норму полива устанавливают в зависимости от местных условий от 5 до 20 м<sup>3</sup> сточных вод на 1 га в сутки.

Земляные участки, предназначенные только для биологической очистки, называют *полями фильтрации*. В этом случае сброс сточных вод увеличивают до 150...250 м<sup>3</sup> на 1 га в сутки.

Для полей выбирают участки с пористыми грунтами (песчаными, супесчаными и суглинистыми) и с низким стоянием грунтовых вод. Уровень грунтовых вод должен быть на глубине не менее 1,5...3 м.

В биологических прудах происходит естественный процесс очистки, интенсификацию которого производят за счет обогащения сточной жидкости кислородом воздуха с помощью механических аэраторов или путем разбрызгивания ее дождевальными установками. В биологических прудах производят главным образом доочистку биологически очищенных сточных вод после биологических фильтров и аэротенков. После очистки в прудах БПК<sub>полн</sub> снижается до 5...6 мг/л.

Перед окислительными секциями прудов, число которых должно быть не менее двух, устраивают отстойные секции.

Циркуляционные окислительные каналы (ЦОК) рекомендуются главным образом для биологической очистки сточных вод предприятий молочной промышленности, расположенных в климатических условиях со среднегодовой температурой не менее 6 °С.

Производительность ЦОКов в зависимости от размеров канала может быть от 100 до 1500 м<sup>3</sup> в сутки.

Биологические фильтры разделяют на капельные и высоконагружаемые (аэрофильтры). Капельные фильтры из-за сложности эксплуатации их в зимних условиях в настоящее время на предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности не предусматриваются.

Высоконагружаемый биологический фильтр (рис. 85) устраивают в виде круглого или прямоугольного бетонного резервуара 1.

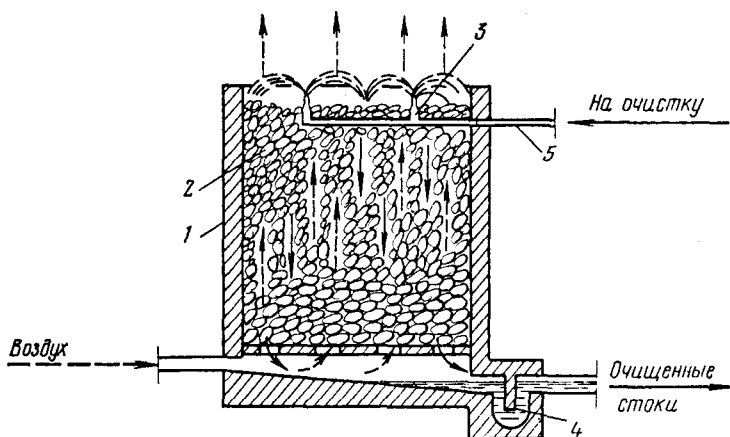


Рис. 85. Схема биологического аэрофильтра:

1 — бетонный резервуар; 2 — фильтрующий материал; 3 — спринклерный разбрызгиватель; 4 — гидравлический затвор; 5 — распределительный трубопровод

В нижней части расположена решетка (колосники), на которую насыпают отсортированный загрузочный фильтрующий материал 2 слоем 3...5 м. В качестве загрузочного материала используют щебень, гальку прочных пород или керамзит с размером частиц 30...70 мм.

В конструкциях биологических фильтров стали применять сетчатую или трубчатую загрузку, которая представляет собой блоки из поливинилхлорида, полистирола, полиэтилена, полиамида.

По распределительным трубопроводам 5 сверху подается сточная жидкость, осветленная в отстойниках. Распределители бывают различных конструкций. Наибольшее распространение получила стационарная спринклерная система разбрызгивания и вращающаяся реактивная.

При протекании жидкости через толщу загрузочного материала обеспечивается непрерывное поступление в фильтр воздуха, который необходим для окислительных процессов. При этом на поверхности щебня или гравия развивается аэробная биологическая пленка, которая перерабатывает часть сложных органических загрязнений сточных вод в простые окисленные соединения.

Другая часть загрязнений окисляется кислородом воздуха. Избыток пленки, состоящей из живых микробов — минерализаторов, смывается и уносится жидкостью в сборный лоток. Если сточная жидкость содержит много жира, то биологическая пленка погибнет и фильтр выйдет из строя.

Биологические процессы очистки, несмотря на большую толщину фильтрующего слоя, за счет искусственной вентиляции идут интенсивно. В междонное пространство с помощью вентилятора подают воздух из расчета 8...12 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> сточной воды. БПК<sub>полн</sub> сточной воды, поступающей на очистку, не должна превышать 300 мг/л во избежание заиливания загрузки фильтра; при более высоком значении БПК исходную жидкость разбавляют очищенной, т. е. применяют частичную рециркуляцию.

Полную биологическую очистку осуществляют в аэротенке (рис. 86).

Сточная жидкость, очищенная в двухъярусном отстойнике 2 (или осветлителе-перегнивателе), сливается в аэротенк 3. Аэротенк представляет собой железобетонный резервуар прямоугольной формы (глубиной 2...5 м, шириной 4...10 м), оборудованный системой воздухопроводов для непрерывной аэрации жидкости или механическими

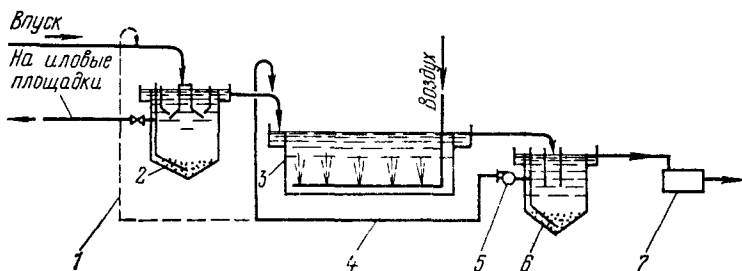


Рис. 86. Схема сооружений для полной биологической очистки с использованием аэротенка;

1 — трубопровод избыточного активного ила; 2 — двухъярусный отстойник; 3 — аэротенк; 4 — трубопровод циркуляционного активного ила; 5 — иловый насос; 6 — вторичный отстойник; 7 — контактный резервуар

аэраторами. При насыщении сточной воды кислородом воздуха окисление и минерализация суспендированных, коллоидных и растворенных органических веществ происходит интенсивно с образованием активного ила.

Активный ил легко взмучивается и вместе с очищенной жидкостью выносится во вторичный отстойник 6. Осевший ил перекачивают насосом 5 по трубопроводу 4 в аэротенк для повторного использования. Этот ил называют *циркуляционным*. Со временем образуются излишки ила, и часть его перекачивают в двухъярусный отстойник, откуда периодически удаляют на иловые площадки. Очищенная вода поступает в контактный резервуар 7 для дезинфекции, а затем сбрасывается в водоем.

Изменяя количество подаваемого воздуха и продолжительность пребывания жидкости в аэротенке, можно добиться полной очистки сточных вод в течение суток; в естественных условиях при соответствующей самоочищающей способности водоема на это потребовалось бы до 20 сут.

Общая схема компоновки внеплощадочных очистных сооружений для крупных предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности показана на рис. 87.

Сточные воды подают по трубопроводу 1 на решетку 2, песколовку 4 и далее в осветлитель-перегниватель 6. Отстоенная вода поступает в аэротенк 9, в котором при режиме продленной аэрации происходит полное окисление и минерализация органических веществ, а также частичная минерализация избыточного активного ила.

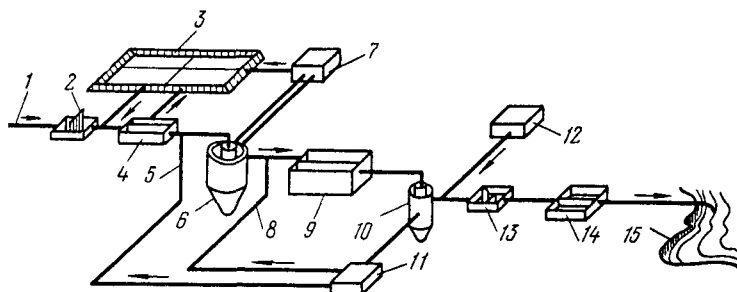


Рис. 87. Схема компоновки внеплощадочных очистных сооружений производительностью 400...700 м<sup>3</sup>/сут:

1 — трубопровод подачи сточной воды на очистку; 2 — решетка; 3 — иловые площадки; 4 — песколовка; 5 — трубопровод избыточного активного ила; 6 — осветлитель-перегниватель; 7 — иловая насосная станция; 8 — трубопровод циркуляционного активного ила; 9 — аэротенк; 10 — вторичный отстойник; 11 — насосная станция; 12 — хлораторная; 13 — ершовый смеситель; 14 — контактные резервуары; 15 — водоем

Во вторичном отстойнике 10 активный ил оседает. Очищенную воду перед сбросом в водоем обеззараживают (дезинфицируют) жидким хлором, раствором хлорной извести или гипохлоритом натрия, получаемым в электролизерах из поваренной соли. Дозировку хлора производят в хлораторной 12, где размещены аппараты-хлораторы, баллоны с жидким хлором, склад реагентов и пр.

Дозу активного хлора принимают после полной биохимической очистки равную 3, после неполной — 5 г на 1 м<sup>3</sup> отстоенной воды. Смешивание хлора с водой производят обычно в ершовых смесителях 13. Для обеспечения обеззараживания воду выдерживают 30 мин в контактных резервуарах 14, число которых должно быть не менее двух. После очистки и дезинфекции воду сбрасывают в водоем 15. Остаточная доза активного хлора в обеззараженной воде установлена не менее 1,5 г/м<sup>3</sup>.

Избыток активного ила из вторичного отстойника по трубопроводу 5 перекачивается насосной станцией 11 в осветлитель-перегниватель и частично по циркуляционному трубопроводу 8 в аэротенк для повторного использования. Осадок из песколовки транспортируют на иловые площадки, а отстоенной иловой водой разбавляют исходную сточную воду, тем самым, снижая концентрацию загрязнений. Обработанный осадок из осветлителя-перегнивателя перекачивают иловой насосной станцией 7 на иловую площадку, необработанный осадок (из осветлителя) перекачивают обратно в перегниватель.

## §4. Утилизация канализационных отходов производства

Отходы производства следует разделить на две категории: производственные и канализационные. Производственные отходы (кости, шетина, рога, пух, перо, пахта, сыворотка и пр.) используют в специальных утилизационных цехах, канализационные могут быть выделены из сточных вод для последующей утилизации.

Наиболее простым является способ непосредственного использования сточной жидкости и выделенных из жидкости осадков в качестве удобрений для сельского хозяйства. Фекальные удобрения содержат азот, фосфорную кислоту и калий. Хорошие результаты на супесчаных почвах получены при использовании свежих осадков из отстойников для возделывания картофеля и сброженных осадков для капусты. Свежие осадки как удобрения на суглинистых почвах эффективнее навоза. Сброженный осадок в отличие от свежего не имеет зловонного запаха и создает более благоприятные условия для роста растений.

Осадки с влажностью 90...97 % обладают хорошей текучестью. Поэтому процесс их транспортировки по илопроводам можно полностью механизировать.

В вегетационный период, зимой, а также во время уборки урожая осадки накапливают на иловых площадках или иловых прудах. Обезвоженный ил (до 60...80 % влажности) можно разрабатывать экскаваторами и транспортировать автотранспортом на поля.

Осадки можно использовать для превращения песчаных почв в плодородные участки. Органические вещества, внесенные в песчаную и другие неплодородные почвы, способствуют дернообразованию, укрепляют структуру почвы, увеличивают влагоемкость.

На мясокомбинатах много отходов получается при отделении и обезвоживании каныги. От одной головы крупного рогатого скота получают около 50 л каныги при влажности 83,5 %. После прессования влажность снижается до 75...80 %. Каныга содержит золы 6,6 %, фосфора 0,4 % и азота 4,9 %.

Высушенную каныгу можно использовать для приготовления топливных брикетов и как удобрение. Измельченная и смешанная с кровью каныга может служить кормом для свиней. В сыром виде каныгу не используют и вывозят на свалку.

При биологической очистке на аэротенках образуется много избыточного активного ила, который характеризуется высоким содержанием азота, входящего в состав белковых веществ. Количество азота достигает по отношению к абсолютно сухому веществу 4...9 %.

Подсушенные на иловых площадках и обезвоженные осадки можно использовать для изготовления топливных брикетов.

Для производства брикетов машинным способом необходимо, чтобы толщина слоя подсушенных осадков составляла около 1 м. Разрабатывать пласт можно обычными торфоформовочными машинами. По сравнению с кусковым торфом брикеты более прочны, быстрее высушиваются и воспламеняются.

В бактериальном отношении брикеты безопасны для человека. Они не содержат кишечной палочки, яиц паразитических червей, патогенных микробов кишечной группы. Сжигание осадков целесообразно и с гигиенической стороны, так как после сжигания остается безвредный продукт — зола.

Зажиренные сточные воды содержат некоторое количество жиров в виде плавающих частиц и в эмульгированном состоянии. Большая часть жировых примесей задерживается в жироловках, а некоторая поступает на городские очистные сооружения. Жирсырье используют для выработки олеина, стеарина и глицерина. Из 1 т технического жира можно выработать 1,5 т мыла.

Осадки сточных вод можно подвергнуть низкотемпературной сухой перегонке при температуре 450...500 °С. В результате получается черная порошкообразная горючая масса (полукокс), деготь и много газообразных продуктов. После обработки дегтя можно выделить воск, бензин, керосин и другие ценные материалы.

Газообразные продукты, образующиеся при обработке сточных вод, также можно использовать. Так, горючий газ, собираемый в метантенках, можно применить для сжигания в топках котлов станций очистки.

Канализационные отходы предприятий молочной промышленности используют главным образом как удобрения. На предприятиях молочной промышленности все сточные воды уходят в городскую канализацию или, после смешивания с хозяйственно-бытовыми водами, обрабатываются на сооружениях для биологической очистки.

Сточные воды после промывки масла содержат жиры и пищевые соли; они являются хорошим кормом для скота. При изготовлении масла, сыра, творога сточные воды, для выделения примесей, пропус-

кают через жироловки; длительность отстаивания 20...40 мин. Из всплывших и отстаившихся технологических примесей можно получить богатый белками корм для птицы.

За рубежом считают рациональным использовать производственные сточные воды предприятий молочной промышленности, расположенных в сельской местности, для орошения огородных культур поверхностным способом или дождеванием. Предварительно стоки пропускают через решетку с прозорами 10 мм и собирают в специальных емкостях. Поливы производят ежедневно, чтобы жидкость не успела загнить.

## § 5. Удаление мусора

При своевременном удалении мусора улучшается санитарное состояние предприятия, снижается опасность загрязнения и заражения помещений, оборудования, сырья и готовой продукции.

Замусоренность и захламленность цехов и территории двора способствует распространению болезнетворных микроорганизмов, которые передаются человеку при непосредственном соприкосновении с мусором, при вдыхании пыли, а также распространяются мухами и грызунами.

Различают производственный и хозяйственно-бытовой мусор. Состав и накопление производственного мусора зависят от назначения и мощности предприятия, характера технологических процессов, установленного оборудования и других местных факторов.

Накопление мусора на территории предприятия определяется степенью санитарного благоустройства. При наличии ливневой канализации, асфальтированных площадей и проездов, зеленых насаждений, водопровода для поливки территории накопление мусора резко сокращается.

Мусор состоит в основном из твердых отходов. К ним относятся производственные отходы, смет с полов и дворовой территории, бумага, обломки досок, ящиков, бой стекла, металл и пр. Влажность мусора колеблется в пределах 30...50%. Мусор, имеющий малую влажность, способен гореть.

На территорию предприятия, на крыши зданий выпадают атмосферные осадки в виде дождя и снега, а также различная пыль. Эти об-



разования необходимо периодически удалять. Количество выпадающих образований зависит от географического месторасположения предприятия и некоторых других местных условий (наличия вблизи предприятия водоемов, лесных массивов, характера рельефа и пр.). Интенсивность выпадения снега и дождя определяют на основании метеорологических сведений для данной местности.

Собирать, удалять и обезвреживать мусор необходимо быстро и систематически; эти работы следует механизировать. Для сбора мусора в цехах устанавливают специальные мусоросборники, содержимое которых не реже одного раза в смену надо выносить и выбрасывать в дворовые мусоросборники.

Цеховые мусоросборники периодически промывают, дезинфицируют раствором хлорной извести. Они должны быть удобны для переноски.

Дворовые мусоросборники могут быть стационарными и перемещаемыми. Располагают их на специально отведенной и оборудованной площадке по согласованию с органами санитарного надзора, с удобными подъездами для автомашин или другого транспорта.

Более эффективна система сбора и вывоза мусора с использованием сменных контейнеров. На мусоровоз с помощью подъемного крана, смонтированного непосредственно на автомобиле, устанавливают контейнер. Порожние контейнеры оставляют на площадке сбора мусора, а заполненные устанавливают на мусоровоз и отправляют на место обезвреживания.

Контейнерная система позволяет механизировать погрузку и выгрузку мусора, упрощает дезинфекцию контейнеров, улучшает санитарно-гигиенические условия перевозки.

Полы, стены, окна, двери необходимо содержать в хорошем санитарном состоянии. При уборке помещений вручную затрачивается много труда. Труд рабочих может быть облегчен с помощью различных приспособлений и машин.

Для асфальтовых, бетонных, плиточных полов пригодна лотковая подметальная машина. Для мойки полов можно применить электрическую машину.

Пыль с пола, стен и оборудования можно убирать посредством передвижных и стационарных пылесосов. Окна можно протереть пневматическими щетками.

Для уборки территории двора применяют механизмы и машины различных типов. К ним относятся ручные машины для подметания и

уборки мусора и пыли производительностью до 2000 м<sup>2</sup>/ч; подметально-уборочные и поливочно-моечные машины, смонтированные на шасси грузовых автомобилей.

Подметально-уборочные машины могут подметать территорию двора с одновременным сбором мусора и перевозкой его к местам свалок. Подметальные машины оборудованы механическими щетками, бункерами для мусора и воды (по 1 м<sup>3</sup>), увлажнительным устройством и пневматическим механизмом для всасывания мусора в бункер.

После уборки помещений и территории двора собранный мусор обезвреживают. Различают биотермический, почвенный и термический методы обезвреживания.

Наиболее, простым является биотермический способ обезвреживания. Влажный мусор и легко гнивающие производственные отбросы органического происхождения плотно сложенные при температуре воздуха 15...20 °С быстро разлагаются, в результате чего их температура достигает 40...60 °С. Разложение происходит в результате жизнедеятельности термофильных (теплолюбивых) микроорганизмов. По истечении некоторого времени отбросы уменьшаются в объеме, минерализуются и превращаются в гумус (перегной). Болезнетворные бактерии и яйца глистов при этом погибают.

В случае затруднения с вывозом мусора на территории предприятия в специальном месте сооружают биотермические камеры. Камеры могут быть бетонными или кирпичными, объемом от 2 до 20 м<sup>3</sup>.

Камеры загружают в течение нескольких дней, но не более 2 недель. Для ускорения разложения добавляют готовый гумус из расчета 1...2 % к объему камеры. Летом саморазогрев мусора начинается через 2...3 дня, а через 8...10 дней температура его достигает 70...80 °С. В зимнее время можно добавлять горячую воду.

Перебродившая масса представляет собой хорошее удобрение; ее вывозят на огороды, теплицы и поля.

Возможно открытое складирование мусора и отходов в штабеля в специально отведенных местах. Этот способ менее совершенен. При термическом способе обезвреживания мусор сжигают в специальных печах. В крупных городах целесообразно строить мусоросортировочные заводы и станции для сортировки и отбора утильных материалов, являющихся ценным сырьем для промышленности.

Затраты на строительство и эксплуатационные расходы мусоросортировочных заводов быстро окупаются.

## §6. Расчет решеток

Расчет решеток включает определение их размеров (число прозоров, ширину) и потери напора, которые возникают при прохождении сточных вод через решетку, подбор типовой решетки.

Число прозоров  $n$  определяют по формуле

$$n = 1,05 \frac{Q}{bhV_p}, \quad (70)$$

где  $Q$  — расход сточной воды, м<sup>3</sup>/с;  $b$  — ширина прозора, м;  $h$  — глубина протока, м;  $V_p$  — скорость движения сточной воды в прозорах решетки, м/с (принимают от 0,8 до 1 м/с).

Ширину решетки  $V_p$  (м) определяют по формуле

$$V_p = b \cdot n + S(n - 1), \quad (71)$$

где  $S$  — толщина стержня, мм.

Потери напора в решетке можно определить по формуле

$$P = \xi \frac{V_1^2}{2g} K, \quad (72)$$

где  $V_1$  — скорость сточных вод перед решеткой, м/с (принимают 0,7...0,8 м/с, что предупреждает выпадение осадков перед решеткой);  $K$  — коэффициент увеличения напора в результате засорения (принимают 2...3);  $\xi$  — коэффициент сопротивления, определяемый по формуле  $\xi = \beta(S/b)^{4/3} \sin \alpha$  ( $\beta$  — коэффициент, учитывающий форму поперечного сечения стержней решетки, принимают 1,79 для круглых стержней, 2,42 — для прямоугольных, 1,83 — для прямоугольных стержней с закругленными ребрами;  $\alpha$  — угол наклона решетки).

## §7. Расчет песколовки-жироловки

При расчетах песколовки-жироловки определяют расчетный расход сточных вод, геометрические размеры сооружения и подбирают фекальный насос для откачки осадка.

Максимальный часовой расход сточных вод  $Q_{ч/макс}$  (в м<sup>3</sup>/ч) определяют по формуле

$$Q_{ч/макс} = \frac{mPK_ч}{t}, \quad (73)$$

где  $m$  — укрупненная норма водоотведения, м<sup>3</sup> на единицу продукции;  $P$  — производственная мощность предприятия, т в смену;  $K_ч$  — часовой коэффициент неравномерности водоотведения ( $K_ч = 2,5$ );  $t$  — число часов работы в смену ( $t = 7...8$  ч).

Песколовка-жироловка представляет собой удлиненную емкость прямоугольного поперечного сечения с размерами:  $B$  — ширина,  $h$  — глубина проточной части и  $L$  — длина проточной части.

Сточная жидкость попадает в песколовку-жироловку через лоток и проходит под погружной доской к жиросборным воронкам. При прохождении сточной воды от лотка до жиросборных воронок частицы жира всплывают на поверхность, а твердые частицы минерального происхождения (песок, шлак и т. п.) выпадают в осадок в специальных приемках. Скорость горизонтального перемещения сточной воды принимают равной минимальной скорости всплывания жировых частиц.

Всплывший жир через воронку и трубы направляется в жиросборный колодец. Размеры поперечного сечения песколовки-жироловки можно определить из уравнения равномерного движения:

$$F = \frac{Q_{ч/макс}}{V \cdot 3600}, \quad (74)$$

где  $F$  — площадь живого сечения потока, м<sup>2</sup>.

В практике часто принимают равенство  $h = B$ , тогда  $B = h = \sqrt{F}$ , м. Полученные данные можно округлить до конструктивно удобных.

Длину проточной части  $L$  (м) можно определить по формуле

$$L = t \cdot V, \quad (75)$$

где  $t$  — время пребывания сточной воды в песколовке-жироловке, мин (принимают равным 10...15 мин);  $V$  — горизонтальная скорость движения сточной воды в песколовке-жироловке, мм/с (принимают равной 12...20 мм/с).

**Подбор насоса для откачки осадка.** Для периодического удаления осадка из песколовки-жироловки рекомендуется применять специальные фекальные насосы НФ, которые следует подбирать на расчетный расход  $Q_{ч/макс}$ , чтобы обеспечить процесс очистки за 1 ч.

При подборе насоса его необходимый напор можно определить исходя из конкретной схемы трубопровода и установки насоса. При

определении диаметра напорного трубопровода скорость движения осадка в трубах можно принять в пределах 0,7...2 м/с. Потери в местных сопротивлениях можно принять равными потерям на трение. Затем выбирают марку насоса по техническим характеристикам, приведенным в специальной литературе.

## **§8. Источники загрязнения воздушной среды на предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности**

На предприятиях мясной, молочной и рыбной промышленности имеются источники, выделяющие вредные вещества в атмосферу. К таким источникам относятся технологическое оборудование, системы вентиляции, автотранспорт, организованные и неорганизованные выбросы, неприятно пахнущие вещества и т. д. Выбросы вредных веществ в атмосферу могут быть стационарные постоянного и периодического действия, точечные и линейные, высокие и низкие, нагретые и холодные.

Состав и объем выброса зависит от источника выброса и от транспортирования выброса.

В мясной промышленности основными источниками выбросов вредных веществ в атмосферу являются цехи технических и кормовых фабрикатов, термические отделения колбасных заводов, отделения переработки пищевых жиров и получения альбумина, водоочистные сооружения, вспомогательные цехи, компрессорные, котельные и т. д. В выбросах в атмосферу от вентиляции содержится сероводород, аммиак, фенолы, оксид углерода, диоксид серы, кетоны, сажа, древесная и костная пыль и др. В зависимости от мощности и технологических особенностей производства изменяется количество выбрасываемого воздуха и концентрация вредных веществ.

На мясоперерабатывающих предприятиях наряду с газо- и парообразными вредными веществами образуется значительное количество пыли, выбрасываемой вентиляционными системами в воздушную среду. Пылевыведения происходят при работе котельной, цеха гофротары, цеха медпрепаратов и т. д.

В молочной промышленности основными источниками загрязнения воздушной среды являются производство сухого молока и молоч-

ных продуктов, жестянобаночный цех, производство казеина, отделение мойки тары и оборудования, производство мороженого, сыродельный цех, компрессорная, котельная и др.

Рыбная промышленность включает три основные подотрасли — рыбодобывающую, рыбоперерабатывающую и товарное производство, а также ряд вспомогательных: судостроительную, судоремонтную, тарную и другие. Основой материально-технической базы рыбной промышленности является рыболовецкий флот, на судах которого перерабатывают до 80 % улова. Остальная часть рыбного сырья поступает на береговые предприятия отрасли.

Все предприятия рыбной промышленности — основные и вспомогательные, судовые и береговые, в той или иной степени, являются источниками загрязнения атмосферы.

Качественный и количественный состав газоздушных выбросов этих предприятий и характер их негативного воздействия на состояние воздушного бассейна определяется использованной технологией, производительностью, выпускаемой продукцией, сырьем и другими факторами.

Выбросы вредных веществ в атмосферу, поступающие от технологического оборудования рыболовецких судов, в настоящее время не нормируются, так как основное внимание уделяется загрязнению воздушного бассейна в густонаселенных районах суши.

Выбросы береговых рыбоперерабатывающих предприятий, особенно расположенных в районах массового проживания людей, часто являются причиной жалоб населения. Это обусловлено тем, что как и для большинства других производств пищевой индустрии основной формой вредного воздействия на атмосферу для рыбоперерабатывающих предприятий является выброс неприятно пахнущих веществ-одорантов.

Образование и поступление в атмосферу одорантов возможно практически на каждом этапе переработки рыбы — от разгрузки и взвешивания сырья до хранения готовой продукции.

Переработка рыбы на береговых предприятиях включает следующие основные технологические процессы: транспортировка, приемка и хранение свежей рыбы; холодильная обработка (охлаждение, замораживание и дефростация), посол и маринование рыбы; разделка рыбы и газофазная обработка (сушка, вяление и копчение); производство консервов, полуфабрикатов и кулинарных изделий, а также получение кормовых и технических продуктов из непищевого сырья и отходов.

Независимо от применяемой технологии и оборудования, образование загрязненных газозвудушных выбросов происходит на всех этапах технологического процесса, связанных с термической обработкой сырья. К этим участкам производства относятся, прежде всего, коптильное отделение и жиромучной цех, а также отделение термической обработки кулинарных изделий, причем выбросы последнего значительно менее загрязнены, чем выбросы первых двух. Выбросы названных производств содержат органические и неорганические вещества, обладающие неприятным запахом (аммиак, сероводород, амины, карбоновые кислоты, альдегиды, фенолы, спирты, меркаптаны и др.). Кроме того, в состав отработанного коптильного дыма входят продукты сгорания древесины (оксиды углерода, азота и серы) и твердые частицы; а в выбросах жиромучного производства присутствует пыль рыбной муки, содержащая белок.

Кроме этого с образованием вредных газозвудушных выбросов связана сушка рыбы и некоторые вспомогательные процессы кулинарного производства (панировка и измельчение специй), сопровождающиеся поступлением в воздух пыли растительного происхождения.

Все остальные технологические операции переработки рыбы могут являться причиной загрязнения воздуха только в том случае, если нарушения технологических регламентов привели к порче сырья или готовой продукции. Тогда в результате бактериального разложения белков образуются и выделяются в окружающую среду газообразные вещества — аммиак, триметиламин, сероводород, меркаптаны и другие. Для предотвращения гнилостных процессов используют различные методы консервирования рыбы.

Образование неприятно пахнущих веществ в результате бактериального разложения сырья не нормируется, так как эти процессы являются следствием нарушения технологического режима. В связи с этим вентиляционные выбросы всех производств, кроме перечисленных выше, считаются «условно чистыми».

Из специальных вспомогательных производств рыбоперерабатывающих предприятий с загрязнением атмосферного воздуха связано производство холода в аммиачных компрессорных. В вентиляционных выбросах компрессорной, как правило, присутствуют пары аммиака.

Таким образом, на рыбоперерабатывающих комплексах с полным циклом переработки сырья источниками загрязнения атмосферы яв-

ляется основное технологическое оборудование кулинарных цехов, отделений копчения и сушки рыбы, жиромучного производства и аммиачных компрессорных.

На рыбокопильных заводах, где отсутствуют отделения кулинарной обработки рыбы и переработки отходов в рыбную муку, загрязнение атмосферы обусловлено только выбросами отработанного копильного дыма и вентиляционного воздуха из компрессорной.

Аналогично, на предприятиях, где производится только рыбная кулинария, к условно чистым относятся выбросы всех производств, кроме отделений термической обработки, участков панировки и приготовления специй, а также аммиачных компрессорных.

Все выбросы в атмосферу промышленных предприятий подразделяются на неорганизованные и организованные. Неорганизованными выбросами называются выбросы газов, паров, пыли, образующиеся в результате неплотностей в аппаратах, трубопроводах, коммуникациях, через оконные и дверные проемы, особенно при открытых процессах загрузки, выгрузки продуктов, плохо организованном складировании и транспортировке пылящих и выделяющих газы материалов, химикатов и отходов производства.

Особую опасность для воздушной среды представляют аварийные (залповые) выбросы газообразных веществ, образующихся при авариях, неполадках и других причинах.

Организованными выбросами называют выбросы, удаляемые от мест возникновения с помощью систем воздухопроводов и газоходов. К таким системам относятся общеобменные и местные вентиляционные системы, дымовые трубы, шахты и т. п.

Выбросы в атмосферу предприятиями мясной, молочной и рыбной промышленности можно разделить на группы:

- ♦ выбросы, выделяющиеся при основных технологических процессах;
- ♦ выбросы, выделяющиеся при работе вспомогательных цехов и производств;
- ♦ выбросы, образующиеся при производстве энергии и в результате использования транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания.

Широкий качественный состав выбросов первой группы объясняется большим количеством разнообразных технологических процессов.

Многие технологические процессы связаны с применением тепловой обработки в присутствии влаги. При этом образуются продукты



распада белка, разнообразные по физико-химическому составу и по влиянию на организм человека.

Особенностью этих выбросов является присутствие неприятно-пахнущих веществ (НПВ). Выброс их может произойти на любом этапе переработки животного сырья при варке, жарке, сушке, копчении, выпарке и т. п. При этом наряду с НПВ выбрасываемая газопаровоздушная смесь содержит частицы продукта и конденсируемые пары, которые являются источником неприятного запаха.

К основным источникам загрязнения воздушной среды на мясокомбинатах относят цехи технических и кормовых фабрикатов. В этих цехах перерабатывают отходы всех основных цехов, включая мясожировой, колбасный, консервный и т. п. В воздухе сырьевого отделения в результате многократных перегрузок сырья выделяется значительное количество неприятно пахнущих веществ (аммиак, сероводород, фенолы, кетоны, меркаптаны, альдегиды). Повышение интенсивности запаха происходит при перегрузке сырья из одного аппарата в другой в результате нарушения их герметичности.

При первичной переработке скота и шерстных субпродуктов имеет место процесс предварительной опалки сырья, в результате которого воздушная среда загрязняется парогАЗами с неприятным запахом.

В колбасном производстве при термической обработке колбасных изделий в процессе обжарки и копчения применяются дымовые газы, являющиеся источником загрязнения воздушной среды.

Источником выбросов на предприятии является паросиловое оборудование, а также автотранспорт. Это оборудование выбрасывает большое количество газов, включающих сернистый ангидрид, оксиды азота и серы, твердые частицы.

Загрязнение воздушной среды предприятиями отрасли происходит в основном от трех видов стационарных источников: организованные выбросы от технологического оборудования; выбросы системами вытяжной вентиляции; неорганизованные выбросы от открытых площадок и сооружений, включающих открытые емкости, открытые сооружения очистки сточных вод, зоны проведения погрузочно-разгрузочных работ, пруды-отстойники и т. п.

Объем выбросов в воздушную среду зависит от технологических особенностей производства, типа оборудования, надежности вентиляционных систем, метеоусловий и многих других факторов. В зависимости от мощности предприятия суммарный объем выбросов составляет 50...300 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

## **§9. Меры защиты воздушной среды от выбросов предприятий**

Защита воздушной среды от выбросов промышленных предприятий содержит комплекс мер, которые определяются системой государственных законодательных актов. Этот комплекс включает архитектурно-планировочные, конструктивно-технологические мероприятия, рассеивание выбросов через высокие дымовые трубы, очистку вентиляционного воздуха, дымовых и технологических газов перед выбросом в воздушную среду, контроль загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий.

Санитарно-гигиенические нормативы содержания вредных веществ в атмосферном воздухе установлены государственными законодательно-нормативными документами.

Технико-экономическая оценка мер по защите воздушного бассейна от воздействия выбросов предприятий проводится на основе сопоставления планируемых затрат на предотвращение или ликвидацию выбросов с величиной ущерба, который могут нанести эти выбросы.

Ущерб включает воздействие загрязнителей на здоровье людей, животный и растительный мир, на строительные конструкции и санитарно-технологические устройства.

Наиболее вредные компоненты выбросов концентрируются в основном в нижних слоях атмосферы. Содержание вредных веществ неодинаково в различных районах. Выбор первоочередных мероприятий по защите воздушного бассейна зависит от полноты и взаимосвязанного учета мероприятий с социально-экономическим ущербом.

Для вновь строящихся предприятий особенно эффективны архитектурно-планировочные мероприятия. При проектировании можно предусмотреть оптимальное сочетание природоохранных мероприятий с экономической и гигиенической точек зрения. Остальной комплекс мероприятий направлен в основном на решение проблем охраны воздушного бассейна на действующих и реконструируемых предприятиях.

Технологические мероприятия направлены на разработку и применение технологий, обеспечивающих максимальное использование сырья, промежуточных продуктов и отходов производства по принципу безотходной и малоотходной технологии. К ним относятся также рекуперация растворителей, герметизация производственного оборудо-

дования, сокращение или ликвидация неорганизованных выбросов, применение малосернистого топлива и т. п. Важным технологическим мероприятием для предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности является рекуперация тепла в результате использования вторичных энергетических ресурсов, значительная часть которых в настоящее время теряется безвозвратно, увеличивая тепловое загрязнение воздушной природной среды. Использование рациональной технологии и прогрессивного оборудования позволяют не только защищать воздушную среду от выбросов, но и существенно экономить энергетические ресурсы. Наиболее перспективными для рекуперации являются уходящие газы котельных установок и технологических агрегатов, работающих на газообразном топливе, соковые пары вакуум-выпарных установок, отработанный горячий воздух сушилок и т. п. К важным конструктивно-технологическим мероприятиям относится полное использование всех видов сырья в мясной, молочной и рыбной промышленности.

К санитарно-техническим мероприятиям относятся очистка вентиляционного воздуха от вредных веществ, утилизация и обезвреживание отходов. Подбор воздушного очистного оборудования зависит от свойств и концентрации содержащихся вредных веществ. К санитарно-техническим мероприятиям относится также рассеивание вредных выбросов через вентиляционные и дымовые трубы.

## **§ 10. Архитектурно-планировочные мероприятия по защите воздушной среды**

Архитектурно-планировочные мероприятия направлены на рациональное размещение предприятий с учетом необходимости защиты окружающей среды от промышленных выбросов, особенно в районах, характеризующихся высокой концентрацией промышленности. Совершенствование системы территориального планирования возможно только с учетом факторов, связанных с экологическими особенностями производства. Необходимо, в частности, рассредоточивать предприятия, загрязняющие воздух, учитывать свойства выбрасываемых веществ и их влияние на природу и население.

Меры планировочного характера включают: выбор под застройку хорошо проветриваемых склонов, свободных от явлений

инверсии и кумуляции загрязнений в приземном слое; правильное взаиморасположение источников выбросов и жилых зон с учетом направлений господствующих ветров и их повторяемости; рациональное расположение производственных цехов и зданий основных и вспомогательных производств на промплощадке; создание санитарно-защитных зон между источниками выбросов и жилой застройкой.

Ширина санитарной защитной зоны определяется степенью вредности производства. При ограниченной возможности очистки вентиляционного воздуха перед выбросом в атмосферу и неблагоприятных условиях взаимного расположения предприятий с жилой застройкой санитарно-защитная зона может быть увеличена, но не более чем в 3 раза.

Санитарно-защитные зоны предприятий должны быть благоустроены и озеленены. При этом следует учитывать, что породы деревьев и кустарников, обладающие ярко выраженной способностью к газопоглощению и пылезадержанию увеличивают эффективность озеленения. Кроме поглощения вредных газов и паров зеленые насаждения снижают уровень шума, а также насыщают воздух кислородом. При озеленении санитарно-защитной зоны загрязнение воздуха на расстоянии 1500 м от источника выброса уменьшается в 2 раза по пыли и в 3 раза по сернистым соединениям.

Планировка территории промышленной площадки оказывает значительное воздействие на обеспечение санитарно-гигиенических нормативов воздушной среды. При неправильном расположении производственных зданий и сооружений загрязняющие вещества накапливаются в межкорпусном пространстве.

Проектная документация подвергается экспертизе, при которой осуществляется анализ принятых природоохранных мероприятий.

Проектные и научно-исследовательские организации при разработке проектной документации промышленных предприятий должны обеспечить:

- ♦ меры по улавливанию загрязняющих веществ или полному исключению их выбросов в атмосферу с целью соблюдения норм предельно допустимой концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосфере;

- ♦ разработку предложений по предельно допустимым выбросам (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу в проектах реконструкции действующих предприятий и строительства новых объектов;

- ♦ разработку мероприятий в проектной документации по снижению объемов выбросов тех загрязняющих веществ, по которым на рассматриваемой территории превышаются ПДК;
- ♦ возможность осуществления действенного контроля за эффективностью работы пылегазоочистного оборудования и количеством выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

## Глава 9. Организация труда

### § 1. Основы научной организации труда на предприятии

Научная организация труда призвана решать экономические, психологические и социальные задачи: предусматривать экономное использование материальных, трудовых, денежных ресурсов; обеспечивать рост производительности труда и на этой основе повышать эффективность производства; создавать наиболее благоприятные условия для нормального воспроизводства и функционирования рабочей силы, сохранения здоровья и работоспособности трудящихся; обеспечивать условия для постоянного роста культурно-технического уровня работников, всестороннего и гармоничного их развития, всемерного повышения степени привлекательности труда.

В целях совершенствования процессов труда при проектировании должен быть решен комплекс технологических, организационно-технических, архитектурно-строительных и эстетических мероприятий на основе новейших достижений науки, техники, передового опыта. Обоснованные решения всех этих вопросов возможны с учетом требований научной организации труда для предприятий отрасли на определенной стадии проектирования: при разработке технологических процессов и оборудования; организации основного производства и его материально-технического обслуживания; при выполнении проектов зданий промышленных предприятий, систем управления, начиная с генплана и кончая системами управления.

При проектировании организации труда на рабочих местах и участках в основном и вспомогательном производствах необходимо дать характеристику трудовых процессов по следующим направлениям: содержанию (состав и последовательность операций на протяжении смены, повторяемость их в смену; состав и последовательность повторяющихся операций по приемам); затратам времени на операции и их составные части; формам организации труда (индивидуальная, групповая, бригадная); использованию передовых приемов и методов (совмещению профессий и функций, много-аппаратному обслуживанию); организации и обслуживанию рабочих мест (виды рабочих мест, их специализация, освещение, планировка, обслуживание); приме-

няемым нормам труда (времени, обслуживания, выработки, нормированные задания); условиям труда (наличие факторов утомляемости, их величина — нормальные, тяжелые и вредные, особо вредные и тяжелые); организации режимов труда и отдыха (в смену, сутки, неделю, год). Такая характеристика позволит иметь общую оценку уровня организации труда, которая отразится в «Карте организации труда» для соответствующего рабочего места и послужит обоснованию профессионально-квалификационного и численного состава рабочих.

Труд человека, в частности в автоматизированном и механизированном производстве, является процессом, в котором взаимодействуют человек и машина. При анализе трудового процесса в этом случае рассматривают систему «человек—машина». Машиной в этой системе считают совокупность технических средств, используемых человеком-оператором в процессе деятельности. В процессе механизированного производства центральное место принадлежит человеку-оператору. Под рабочим местом оператора в системе «человек—машина» понимают место, где работает оператор, оснащенное органами управления, вспомогательным оборудованием и информационными средствами.

При организации рабочего места оператора необходимо учитывать вид труда, квалификацию работника, метод защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов (физических, химических, биологических, психофизиологических), антропометрические, физические и психические особенности человека. Антропометрические данные человека (усредненные размеры человеческого тела) принимают во внимание при размещении органов управления, что позволяет значительно облегчить работу оператора и снизить его утомляемость. Основные условия рациональной организации рабочего места: выбор достаточного по размеру рабочего пространства, позволяющего человеку выполнять необходимые движения при работе; обеспечение достаточных физических, слуховых и зрительных связей между работающим человеком и оборудованием, а также связей между людьми, участвующими в выполнении общей работы; обеспечение необходимого естественного и искусственного освещения для работы. Рациональное расположение оборудования, механизмов, приспособлений и инструментов сокращает лишние движения, снижает утомляемость, а, следовательно, и потери рабочего времени.

Конструкция рабочего места должна обеспечивать быстроту, безопасность, простоту и экономичность технического обслуживания в нормальных и аварийных условиях. Кроме того, конструкция рабоче-

го места должна полностью отвечать функциональным требованиям и предполагаемым условиям эксплуатации. При организации и конструировании рабочего места необходимо предусмотреть: выбор целесообразного рабочего положения (сидя, стоя, сидя — стоя); рациональное размещение органов и панелей управления; оптимальный обзор элементов рабочего места (пульта); пространство для размещения ног при работе сидя и стоя; пространство для кратковременного отдыха сидя (при работе с преобладанием рабочей позы стоя); пространство для складирования рабочих материалов при работе на непосредственных рабочих местах. Важно при организации рабочего места обеспечить выполнение всех трудовых операций в зоне досягаемости моторного поля. Под моторным полем понимают пространство рабочего места с размещенными органами управления и другими техническими средствами, в котором осуществляется двигательное действие человека по выполнению рабочего задания.

В мясной, молочной и рыбной промышленности разработаны типовые проекты организации труда для различных технологических участков производства. В них предусмотрен специальный раздел, посвященный организации рабочих мест. Рабочие места рассматриваются по степени механизации (автоматизированные, механизированные, с ручным трудом); по формам организации труда (индивидуальные, бригадные); по степени специализации (специализированные, универсальные); по расположению (стационарные, маршрутные, с зоной обслуживания). Типовые проекты организации труда используют при проектировании новых заводов и совершенствовании организации труда на действующих предприятиях. Они являются нормативным материалом по труду, представляющим научно обоснованный комплекс взаимосвязанных решений. Включают оснащение, планировку и обслуживание участков, а также организацию, нормирование и условия труда работающих.

На улучшение условий труда положительное влияние оказывает развитие технического прогресса. Механизация и автоматизация процессов освобождают человека от тяжелого ручного труда, насыщают работу интеллектуальным содержанием. При этом широко внедряются новые эффективные средства обеспечения безопасности, развертываются научно-исследовательские и конструкторские работы в области охраны труда. В то же время недостаточное использование возможностей научно-технического прогресса, отсутствие рационального управления им приводят в ряде случаев к ухудшению условий труда.



Увеличение объема информации при росте количества одновременно управляемых объектов значительно усложняет анализ и оценку производственной обстановки, приводит к повышению нервно-психических нагрузок. Высокомеханизированный труд часто совершается в условиях ограниченной подвижности, связан с длительным мышечным статическим напряжением. Такой труд, протекающий в условиях чрезмерного нервного напряжения, приводит к возникновению неврозов, нервно-психических и сердечно-сосудистых заболеваний. В период перехода от частичной механизации к комплексной автоматизации широкое распространение получила конвейерно-поточная организация труда, которая связана с монотонностью, приводящей к утомлению, снижению внимания, что способствует росту травматизма и заболеваемости.

Научно-технический прогресс характеризуется также увеличением числа опасных и вредных производственных факторов, вызванных, в частности, широким применением в различных сферах народного хозяйства токсичных веществ, многие из которых обладают большой биологической активностью. С другой стороны, развитие автоматизации и механизации, дистанционного управления, применение более совершенного оборудования привели к резкому снижению содержания в воздухе рабочих зон вредных веществ. В этих условиях опасность отравления значительно уменьшилась, и на первый план выдвинулись вопросы, связанные с длительным воздействием небольших концентраций вредных веществ, их комбинированным воздействием и влиянием на возможные последствия в отдаленные сроки, а также влиянием на общую сопротивляемость организма и его работоспособность.

## **§2. Психофизиологические основы организации труда**

Наличие совершенной техники еще не является условием повышения производительности труда. Производительность труда, в конечном счете, зависит от человека, от того, как он организует свою трудовую деятельность, обладает ли необходимыми трудовыми навыками, знает ли производственный процесс, умеет ли рационально, разумно трудиться. Более того, неумелый работник может погубить технику. Поэтому с развитием техники все большее значение приобретает изу-

чение условий трудовой деятельности человека. Психология труда изучает психическую сторону трудовой деятельности человека, его индивидуальные профессиональные навыки, отношение к производственному процессу и требованиям охраны труда. Психология труда является составной частью психологической науки и входит в систему научной организации производства. Она не ограничивается задачей повышения производительности труда. Прежде всего ее цель — сделать труд людей радостным, творческим. Раздел психологии труда, изучающий психические процессы и свойства человека, требования к технике и технологии, приспособление техники и условий труда к человеку с учетом эргономических исследований, называется инженерной психологией.

Инженерная психология разрабатывает методы профессионально-го отбора, обучения и тренировки операторов, учитывает психику человека и требования технической эстетики при проектировании оборудования и технологических процессов, способствует рациональной организации управления, оптимальному распределению функций между оператором и техническими средствами автоматизации. При создании новых машин и технологических линий конструктор и психолог работают вместе. Они стремятся сделать так, чтобы человеку было удобно работать, чтобы он успевал воспринять показания приборов, выполнить все необходимые действия и при этом не перенапрягался, работал в нормальном рабочем ритме. Эксперименты показали, что скорость и точность восприятия зависят от формы, величины, цвета, расположения и освещения приборов и органов управления. Если учесть все это при оформлении пультов управления машиной, то условия работы человека значительно улучшатся.

Вопросы взаимодействия организма человека с окружающей производственной средой, влияния условий труда на процессы жизнедеятельности всего организма и отдельных его органов изучаются наукой, которая носит название физиология труда. Часто производственный травматизм возникает по психофизиологическим причинам. Так, работник с целью скорейшего завершения работы нарушает разработанную технологию, отказывается от средств индивидуальной и коллективной защиты, которые иногда мешают ему выполнять отдельные рабочие операции. Со временем у него вырабатывается привычка пренебрегать правилами техники безопасности, что в конечном итоге может привести к производственной травме. На психическое состояние человека влияют организация труда, культура производства, обста-

новка в коллективе и дома, работоспособность и утомляемость, режим труда и отдыха. Психофизиологические способности индивидуальны у разных людей. Эти способности можно оценить с помощью специальных приборов и тестов, которые применяются при профессиональной ориентации. Важное значение для поддержания высокой работоспособности человека имеет чередование труда и отдыха. Российское законодательство о труде устанавливает обязательные нормы продолжительности времени труда и отдыха работающих. Оптимальный режим труда и отдыха включает: паузы в работе и перерывы (для приема пищи, обогрева и др.); смену форм работы (например, умственной и физической); определенный темп и ритм в работе; устранение монотонности и малоподвижности; снятие нервно-психических перегрузок (например, в специальных кабинах-комнатах); использование психологического воздействия цвета, музыки и средств технической эстетики. Чередование труда и активного отдыха устанавливаются в зависимости от изменения работоспособности человека. В течение рабочего дня работоспособность человека не сразу достигает своего устойчивого значения. Период вработываемости продолжается 0,5...1,5 ч (в зависимости от характера трудового процесса). Затем наступает период устойчивой работоспособности продолжительностью около 3 ч, после чего наступает период падения работоспособности вследствие утомления. Короткие перерывы в стадии падения работоспособности являются одним из средств борьбы с производственным утомлением.

### **§3. Эргономика и техническая эстетика**

Цель эргономики — совершенствование психофизиологических условий труда, которые делают труд высокопроизводительным и безопасным. Она направлена на оптимизацию трудового процесса и включает его анализ, экспериментальную и производственную проверку. Объектом исследования эргономики является система «человек—машина».

Эргономические мероприятия в мясной, молочной и рыбной промышленности начинаются с рационализации труда. Рационализация труда основывается на оптимальной структуре трудовых процессов: сокращении количества рабочих движений, ритмичном и равномер-

ном их выполнении, снижении утомляемости, устранении лишних рабочих движений, автоматизации и механизации их. Поиск таких трудовых процессов ведется путем специальных эргономических исследований.

Требования технической эстетики к разрабатываемой технике необходимо учитывать во взаимосвязи с эргономическими требованиями, требованиями безопасной и научной организации труда. Техническая эстетика изучает природу и закономерности художественного проектирования предметов и их ансамблей, в частности производственного оборудования и помещений предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности. Техническая, или производственная эстетика ставит своей целью создание благоприятной внешней трудовой обстановки, способствующей безопасности труда и повышению его производительности, а также хорошему настроению работающих. С учетом требований технической эстетики оформляют цехи предприятий, административно-бытовые помещения, где должны быть красивая и удобная мебель, декоративные растения, цветы, репродукции картин и т. д.

Требования технической эстетики реализуются методами художественного конструирования всего комплекса рабочего места, цветовым решением формы, цветографическим решением средств информации, размещаемых на рабочих местах. Требования эстетики распространяются и на внешний вид выпускаемой продукции, для которой разрабатывают тару и упаковку с учетом использования современных материалов. К этой работе привлекаются высококвалифицированные специалисты по эстетике и искусствоведы. Важное место в создании благоприятных условий труда и отдыха работающих отводится производственному интерьеру. Он формируется с помощью строительных конструкций, элементов и материалов; технологического оборудования; инженерных коммуникаций и систем санитарной техники; освещения и цвета; средств массовой информации.

При разработке цветового решения оборудования рабочих мест учитывают функциональные и художественные задачи применения цвета в производственной среде. Так, учитывают зрительные нагрузки и условия восприятия элементов рабочего места на основе физиологической значимости цветов и цветосочетаний. Основные требования к цветовому оформлению помещений следующие: в производственном помещении должно быть светло; потолки и стены должны быть окрашены в светлые, теплые тона и иметь высокий коэффициент отраже-

ния; необходимо использовать контрасты тонов (если стены окрашены в теплые тона, то оборудование должно быть окрашено в холодные, и наоборот); в небольших цехах, насыщенных оборудованием, необходимо соблюдать равновесие между теплыми и холодными тонами. Рекомендуется применять насыщенные цветовые пятна на стенах и оборудовании для снижения отрицательного влияния монотонности производства или однообразия окраски интерьера.

Сочетание цветов в помещении должно учитывать взаимодействие всех элементов: стен, пола, потолка, оборудования, освещения и одежды рабочих. Кроме того, необходимо учитывать климатические условия местности и ориентацию помещений по сторонам света. Цвет и яркость поверхностей оказывают заметное влияние на зрительный процесс, настроение и работоспособность человека. Они являются факторами повышения производительности труда. В цехах и на рабочих местах с целью снижения производственного травматизма применяют сигнально-предупреждающие световые и цветовые обозначения, а также знаки безопасности. Так, опасные узлы и механизмы, технологические коммуникации, противопожарные устройства имеют специальную сигнально-предупредительную и отличительную окраску. Травмоопасные элементы машин и оборудования, транспортные средства, наружные поверхности ограждений, не полностью закрывающие режущий инструмент или опасные части машин, должны окрашиваться в соответствии с ГОСТом. Знаки безопасности устанавливаются на производственном оборудовании или в местах, где может возникнуть производственная опасность. Знаки безопасности делятся на запрещающие, предупреждающие, предписывающие и указательные. Допускается применение отраслевых знаков с символикой, учитывающей специфику производства.

### § 1. Сметная документация и финансирование строительства

Сметная документация и вопросы финансирования в строительстве регламентируются в СП 81-01-94 «Свод правил по определению стоимости строительства в составе предпроектной и проектно-сметной документации».

Основным направлением ценовой политики в строительстве является определение объективной стоимости строительства (реконструкции, расширения и технического перевооружения). Оценка строительной продукции в условиях рынка осуществляется инвестором (заказчиком) и подрядчиком в ходе заключения и исполнения договора подряда (контракта) на строительство или капитальный ремонт предприятий, зданий и сооружений. С этой целью при подготовке предложений по свободным (договорным) ценам на строительную продукцию составляются:

- ♦ в процессе разработки предпроектной или проектно-сметной документации по заказу инвесторов — инвесторские сметы (расчеты, калькуляции издержек, стартовые цены);
- ♦ в процессе заключения договора, в том числе при подрядных торгах на основании передаваемой инвестором тендерной документации, — расчеты (сметы, калькуляции издержек производства) подрядчика.

Стоимость строительства новых, расширения, реконструкции, технического перевооружения и капитального ремонта действующих предприятий, зданий и сооружений — это денежные средства, которые требуются для его осуществления и определяются в составе предпроектных проработок (обоснований инвестиций).

Сметная стоимость строительства предприятий, зданий и сооружений — это денежные средства, сумма которых определяется на основе проектных материалов. Сметная стоимость является исходной основой для определения размера капитальных вложений, финансирования строительства, формирования свободных (договорных) цен на

строительную продукцию, расчетов за выполненные подрядные (строительно-монтажные) работы, оплаты расходов по приобретению оборудования и доставке его на стройки, а также возмещения других затрат за счет средств, предусмотренных свободным сметным документом.

Основанием для определения сметной стоимости строительства являются проект и рабочая документация (РД), в составе которых принимаются параметры зданий, сооружений, их частей и конструктивных элементов, в том числе чертежи, ведомости объемов строительных и монтажных работ, спецификации и ведомости на оборудование, основные решения по организации и очередности строительства, принятые в проекте строительства.

Сметные нормативы в соответствии со СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения» подразделяются на следующие виды:

- ♦ государственные федеральные;
- ♦ производственно-отраслевые;
- ♦ территориальные;
- ♦ фирменные (собственная нормативная база пользователя).

В совокупности с правилами применения сметных нормативов и определения стоимости строительства все сметные нормативы образуют систему ценообразования и сметного нормирования в строительстве.

К государственным федеральным сметным нормативам (ГФСН) относятся сметные нормативы, входящие в состав свода правил (СП) и вводимые в действие Минстроем России. Они применяются при определении стоимости строительства, осуществляемого в различных отраслях народного хозяйства Российской Федерации.

К производственно-отраслевым сметным нормативам (ПОСН) относятся сметные нормативы, вводимые в действие министерствами и другими органами федерального управления для производственного строительства, осуществляемого в пределах соответствующей отрасли.

К территориальным сметным нормативам (ТСН) относятся сметные нормативы, вводимые в действие органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации для строительства, осуществляемого на территории соответствующего региона.

К фирменным сметным нормативам (ФСН) или собственной нормативной базе пользователя относятся индивидуальные сметные нор-

мативы, учитывающие реальные условия деятельности конкретной организации — исполнителя работ.

Исходными данными для разработки сметных нормативов являются:

- ♦ наиболее рациональные технические решения в проектных материалах;
- ♦ технология строительного производства и строительные машины, отвечающие последним достижениям научно-технического прогресса;
- ♦ действующие стандарты на материалы, изделия и конструкции, а также оборудование;
- ♦ действующие нормы и положения по оплате труда рабочих в строительстве;
- ♦ действующие нормы амортизационных отчислений.

При разработке сметных нормативов должна быть исключена возможность повторного учета затрат, содержащихся в отдельных нормативах. Главная функция сметных норм — определить нормативное количество ресурсов, необходимых для выполнения соответствующего вида работ, как основы для последующего перехода к стоимостным показателям. Сметные нормы могут быть использованы для определения потребности в затратах труда, строительных машинах, материалах, изделиях и конструкциях при разработке проектов организации строительства (ПОС) и проектов производства работ (ППР).

## **§ 2. Правила разработки и применения норм накладных расходов и сметной прибыли**

Накладные расходы это сумма средств, предназначенных для возмещения затрат строительных и монтажных организаций, связанных с созданием общих условий строительного производства, его организацией, управлением и обслуживанием. Перечень статей накладных расходов в строительстве устанавливается Минстроем России по согласованию с Минэкономикой России и Минфином России.

Сметная прибыль — сумма средств, для покрытия отдельных (общих) расходов строительных и монтажных организаций на развитие производства, социальной сферы и материальное стимулирование работников.



Для определения стоимости строительства на различных стадиях инвестиционного процесса рекомендуется использовать систему норм накладных расходов, которые по своему функциональному назначению и масштабу применения подразделяются на следующие виды:

- ♦ укрупненные нормативы по основным видам строительства;
- ♦ нормативы по видам строительных и монтажных работ;
- ♦ нормы накладных расходов на строительные, монтажные, специальные строительные работы, предназначенные для определения стоимости строительства в базисном уровне цен;
- ♦ индивидуальные нормы накладных расходов для конкретных строительных, монтажных и ремонтно-строительных организаций.

Нормы накладных расходов разрабатываются в соответствии с методическими положениями (рекомендациями) Минстроя России на основе годовых данных государственной статистической отчетности и бухгалтерского учета.

В отличие от прямых затрат накладные расходы нормируются косвенным способом в процентах от выбранной базы исчисления:

- ♦ фонда оплаты труда рабочих в составе прямых затрат;
- ♦ сметной стоимости прямых затрат в базисном уровне сметных норм и цен.

Величину сметной прибыли рекомендуется определять на основе рекомендуемого общепромышленного норматива и индивидуальной нормы для конкретной строительной организации. Сметная прибыль нормируется в процентах от выбранной базы исчисления. В качестве базы для исчисления норм сметной прибыли в строительстве принимаются фонд оплаты труда рабочих в составе прямых затрат и сумма сметных прямых затрат и накладных расходов.

### **§3. Основные правила по определению сметной стоимости**

Сметная документация составляется в определенной последовательности, с постепенным переходом от мелких к более крупным элементам строительства, которыми являются: вид работ (затрат) — объект — пусковой комплекс — очередь строительства — строительство (стройка) в целом.

Объект строительства — это отдельно стоящее здание (производственный корпус или цех, склад и т. п.) или сооружение (мост, тоннель, платформа и т. п.).

Пусковой комплекс — это группа объектов (или их частей), являющихся частью стройки или ее очереди.

Очередь строительства — это часть строительства, состоящая из одного или нескольких пусковых комплексов группы зданий, сооружений и устройств.

Стройка — это совокупность зданий и сооружений различного назначения, возведение (расширение, реконструкция или ремонт) которых осуществляется на объем продукции, определенный в предпроектных обоснованиях инвестиций, по единой проектно-сметной документации, объединенной сводным сметным расчетом или сводкой затрат.

Для определения сметной стоимости строительства проектируемых предприятий, зданий, сооружений или их очередей составляется сметная документация, состоящая из локальных смет (сметных расчетов), сметных расчетов на отдельные виды затрат, сводных сметных расчетов стоимости строительства, сводок затрат и др.

Локальные сметы — это первичные сметные документы. Они составляются на отдельные виды работ по зданиям и сооружениям или по общеплощадочным работам на основе объемов, которые определены в составе рабочей документации (РД) или рабочих чертежей. Локальные сметные расчеты составляются на основе таких же элементов проектных решений, что и локальные сметы, но в тех случаях, когда объемы работ и размеры затрат еще окончательно не определились и подлежат уточнению на основании РД или в ходе строительства.

Объектные сметы — это сметные документы, на основе которых формируются свободные (договорные) цены на строительную продукцию. Они объединяют в своем составе на объект в целом данные из локальных смет. Объектные сметные расчеты — это сметные документы, которые объединяют в своем составе на объект в целом данные из локальных сметных расчетов и локальных смет.

Сметные расчеты на отдельные виды затрат предназначены для тех случаев, когда необходимо определить в целом по стройке размер (лимит) средств, необходимых для возмещения тех затрат, которые не учтены сметными нормативами.

Сводный сметный расчет стоимости строительства предприятий, зданий и сооружений (или их очередей) составляется на основе объ-

ектных сметных расчетов (смет) и сметных расчетов на отдельные виды затрат.

Сводка затрат — это сметный документ, определяющий стоимость строительства предприятий, зданий, сооружений или их очередей в случаях, когда наряду с объектами производственного назначения составляется проектно-сметная документация на объекты жилищно-гражданского и другого назначения.

#### **§4. Принципы формирования свободных (договорных) цен на строительную продукцию**

Исходя из текущего (прогнозного) уровня стоимости, определенного в составе сметной документации, заказчики (инвесторы) и подрядчики могут формировать свободные (договорные) цены на строительную продукцию, которые могут быть открытыми, т. е. уточняемыми в соответствии с условиями договора (контракта) в ходе строительства, или твердыми (окончательными).

Материалы обоснования свободной (договорной) цены на строительство подготавливаются стороной, которой поручается это выполнить согласно достигнутой договоренности. Как правило, это — подрядчик. Если проводятся подрядные торги, то свободная (договорная) цена стройки (части ее) устанавливаются после оценки и сопоставления предложений, предъявленных подрядчиками. В случаях, когда торги не проводятся, указанная цена согласовывается между заказчиком и генподрядчиком в процессе заключения договора. В результате совместного решения составляется по рекомендуемой Минстроем России форме протокол согласования (ведомость) свободной (договорной) цены на строительную продукцию, который(ая) является неотъемлемой частью договора подряда.

Принятая заказчиком и подрядчиком свободная (договорная) цена на строительную продукцию не может изменяться одной стороной без согласия другой.

Основным методом экономической оптимизации стоимости строительной продукции в условиях рыночных отношений является конкурсная форма размещения заказов на строительство путем проведения открытых или закрытых подрядных торгов, представляющая собой соревновательное сопоставление оферт, переданных претен-

дентами, с точки зрения их соответствия критериям, содержащимся в тендерной документации (далее — ТД).

Оферта — это предложение заключить контракт в отношении конкретного предмета торгов на условиях, определяемых в ТД, которая состоит из комплекта документов, содержащих исходную информацию о технических, коммерческих, организационных и иных характеристиках объектов строительства и предметов торгов, а также об условиях и процедуре торгов.

Процедурные торги по вновь начинаемому строительству для федеральных государственных нужд являются обязательными, в том числе на комплекс работ и оказание услуг, осуществляемых за счет государственных средств и государственных инвестиционных кредитов.

## Заключение

Учебное пособие, составленное в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта по подготовке специалистов 655900 — «Технология сырья и продуктов животного происхождения» по специальностям 260301, 260302, 260303, содержит все необходимые разделы для общестроительного проектирования объектов мясной, молочной и рыбной промышленности. Впервые процесс архитектурно-строительного проектирования и инженерного обеспечения предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности систематизирован и представлен компактно в едином объеме.

Учебное пособие может быть использовано специалистами научных и проектных организаций агропромышленного комплекса для проектирования практических объектов. Работа выполнена с соблюдением психолого-педагогических требований к трактовке излагаемого материала и к его применению. Методическое изложение материала позволяет использовать его в учебном процессе и дипломном проектировании при подготовке студентов дневной, заочной и безотрывной форм обучения, а также при дистанционном обучении.

# Приложения

## Приложение 1

### Теплотехнические характеристики некоторых строительных конструкций

Ограждение	Массивность ограждения	$K$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	$R$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт
<b>Стена:</b>			
из обыкновенного кирпича с внутренней штукатуркой (на тяжелом растворе):			
1,5 кирпича (400 мм)	Средняя	1,54	0,65
2 » (530 мм)	»	1,23	0,81
2,5 » (660 мм)	Массивная	1,04	0,96
3 » (790 мм)	»	0,88	1,14
однослойная из керамзитобетона толщиной 200 мм	Легкая	1,12	0,9
Покрытие железобетонное бесчердачное из двухпустотного сборного настила толщиной 140 мм с утеплителем (пенобетон толщиной 160 мм)			
	»	0,76	1,32

## Приложение 2

### Основные физико-технические показатели некоторых теплоизоляционных и строительных материалов

Материалы	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С)	Размеры изделия, мм		
				Длина	Ширина	Толщина
<b>Плиты:</b>						
жесткие из минеральной ваты на битумной связке	350...400	0,087	0,84	1000	500	40 (50, 60)
то же, специальные (минеральная пробка)	300...350	0,081	0,84	1000	500	40 (50, 60)
торфяные изоляционные	300	0,064	2,3	1000	500	30 (50)
	200	0,052	2,3	1000	500	30 (50)

Приложение 2 (продолжение)

**Основные физико-технические показатели некоторых теплоизоляционных и строительных материалов**

Материалы	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С)	Размеры изделия, мм		
				Длина	Ширина	Толщина
из ячеистого бетона (на цементной основе автоклавного твердения), пенобетон	До 400 (А)	0,139	0,84	1000	500	80 (до 200 через 20)
	До 500 (Б)	0,174	0,84	1000	500	80 (до 200 через 20)
из пенополистирола ПС-1	70...200	0,046	1,34	1000	600	40 (50, 60, 80)
то же, ПС-4	45...80	0,058	1,34	1000	600	40 (50, 60, 80)
из пенополивинилхлорида ПВХ-1	90...130	0,052	1,30	1000	500	40 (50, 60, 80)
	то же, ПВХ-2	100...130	0,064	1,30	1000	500
Стиропор ПСВ-С	20...30	0,052	1,34	1000	500	40 (50, 100)
Пробковые плиты	250	0,070	2,10	1000	500	60 (80, 100)
	150	0,058	2,10	1000	500	60 (80, 100)
Кирпичная кладка на тяжелом растворе	1800	0,56	0,88	250	120	65
Железобетон	2500	1,69	0,84	—	—	—
Штукатурка цементно-песчаная	1800	0,58	0,84	—	—	—
То же, цементно-известково-песчаная	1700	0,52	0,84	—	—	—
Асбестоцементные плиты и листы	1900	0,35	0,84	—	—	8...10
Гравий керамзитовый	300	0,11 (0,155)	0,84	—	—	—
	600	0,14	0,84	250	—	—
Керамзитобетон в стеновых панелях	1000	0,33	0,84	6000	800 (1200)	150 (200, 240, 250, 300, 400)

Примечание. В скобках даны дополнительные размеры.

## Приложение 3

**Расчетные внутренние температуры и кратности воздухообменов  
в холодный переходный период года**

Помещения и производственные процессы	Расчетная температура воздуха, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		Приток	Вытяжка
<i>Производственные помещения</i>			
Основные производственные цехи предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности	16...22	2...8 (по расчету)	2...8 (по расчету)
Подготовка кишечной оболочки для колбасных изделий	17	9	10
Хранение и подготовка искусственной оболочки	17	2	2
Приготовление и регенерация рассола	16	—	1
Разработка и подготовка сырых субпродуктов для колбасных изделий	15	2	2
Фасовка сухого молока	16	6	6
Фасовка мороженого	16	5	5
Помещение для подготовки специй	16	7	8
Приготовление дезинфицирующих растворов	16	2	3
Мойка и стерилизация инвентаря; подготовка тары	17	7	8
Жироловка-песколовка (в отдельном стоящем здании)	16	7	8
Машинное и аппаратное отделения холодильных установок:			
аммиачных	16	2	3 (аварийная 8)
фреоновых	16	3	4 (аварийной нет)
Трихинеллоскопическая	18	3	2
Химические лаборатории при отсутствии местных отсосов	18	8	10



Приложение 3 (продолжение)

**Расчетные внутренние температуры и кратности воздухообменов  
в холодный переходный период года**

Помещения и производственные процессы	Расчетная температура воздуха, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		Приток	Вытяжка
<b>Аккумуляторные:</b>			
кислотные	10	8	10
щелочные	10	2	3
Склады и кладовые (отапливаемые) разного назначения для хранения продуктов, тары, инвентаря и пр.	5...14	—	0,5
<i>Вспомогательные помещения</i>			
Гардеробные уличной одежды, спецодежды при полном переодевании (включая белье):	16	—	1
	23	5	5
Преддушевые	23	—	—
Душевые	25	—	75 м <sup>3</sup> /ч на душевую сетку
Умывальные	16	—	1
Уборные	14	—	50 м <sup>3</sup> /ч на унитаз и 25 м <sup>3</sup> /ч на писсуар
Курительные	14	—	10
<b>Помещения для:</b>			
личной гигиены женщин	20	2	2
отдыха	20	5 (но не менее 30 м <sup>3</sup> /ч на чел.)	4
сушки спец. одежды	16	По расчету	По расчету
обеспыливания спецодежды (при самообслуживании)	20	По расчету	По расчету
ремонта спецодежды	20	—	1
ремонта обуви	20	2	3
Фотарии	25	По расчету	По расчету

## Приложение 4

## Физические свойства воздуха при давлении 0,1 МПа [760 мм рт. ст.]

Температура, °С	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Упругость насыщающих водяных паров		Масса водяных паров насыщающих (в г) в 1 кг	
		Па	мм рт. ст.	воздушно- паровой смеси	сухого воздуха
-20	1,396	102,5	0,77	0,8	0,8
-15	1,368	165,5	1,24	1,19	1,2
-10	1,342	260	1,95	1,78	1,8
-5	1,317	401,5	3,01	2,58	2,6
0	1,293	612	4,58	3,88	3,9
6	1,265	935	7,01	5,7	5,79
12	1,239	1405	10,52	8,6	8,75
16	1,222	1819	13,63	11,2	11,4
18	1,213	2060	15,48	12,7	12,9
20	1,205	2340	17,53	14,4	14,7
24	1,189	2980	22,38	18,4	18,8
30	1,165	4250	31,82	26,3	27,2
40	1,128	7370	55,32	46,3	48,8
70	1,029	31157	233,7	216,1	276

## Приложение 5

**Оптимальные температурно-влажностные условия на постоянных  
рабочих местах, в рабочей зоне производственных помещений  
и в обслуживаемой зоне других помещений**

Помещения	Условия внутри помещений, при температуре наружного воздуха					
	ниже 10 °С			10 °С и выше		
	Темпе- ратура, °С	Относи- тельная влаж- ность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Темпе- ратура, °С	Относи- тельная влаж- ность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Производственные, незави- симо от избытков явного те- пла, для категории работы:						
легкой	20...22	60...30	До 0,2	22...25	60...30	0,2...0,5
средней тяжести	17...19	60...30	До 0,3	20...23	60...30	0,2...0,5
тяжелой	16...18	60...30	До 0,3	18...21	60...30	0,3...0,7
Вспомогательные производ- ственные здания	20...22	45...30	0,1...0,15	22...25	60...30	до 0,25

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Вещества	Предельно допустимая концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности <sup>1)</sup>	Агрегатное состояние вещества <sup>2)</sup>
Азота окислы (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	5	2	П
Акролеин	0,7	2	П
Аммиак	20	4	П
Бензин-растворитель, керосин, лигроин (в пересчете на С)	300	4	П
Дихлорэтан	10 <sup>3)</sup>	2	П
Кальцинированная сода	2 <sup>3)</sup>	3	А
Кислоты:			
масляная	10	3	П
серная	1	2	А
соляная	5	2	П
Озон	0,1	1	П
Полиэтилен низкого давления	10	3	А
Пыль животного и растительного происхождения с примесью окиси кремния:			
более 10 %	2	4	П
от 2 до 10 %	4	4	П
менее 2 %	6	4	П
Ртуть металлическая	0,01	1	П
Свинец и его неорганические соединения	0,01	1	А
Сероводород	10 <sup>3)</sup>	2	П
Спирты:			
метиловый	5 <sup>3)</sup>	3	П
этиловый	1000	4	П
Ртуть двуххлористая	0,1	1	А
Углерода окись	20	4	П
Фенол	0,3 <sup>3)</sup>	3	П
Хлор	0,1	2	П
Этиловый, диэтиловый эфир	300	4	П

<sup>1)</sup> По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на четыре класса: 1-й класс — чрезвычайно опасные, 2-й класс — высокоопасные, 3-й класс — умеренно опасные, 4-й класс — малоопасные.

<sup>2)</sup> Приведены преимущественные агрегатные состояния веществ в условиях производства: П — пары или газы; А — аэрозоли.

<sup>3)</sup> Данное вещество опасно также при поступлении через кожу.

## Приложение 7

**Удельные нормы водопотребления и водоотведения для мясной  
и молочной промышленности (в м<sup>3</sup> на 1 т перерабатываемого сырья)**

Тип предприятия и мощность	Среднегодовой расход свежей воды (питьевой и технической), $q_1$	Среднегодовое количество выпускаемых в водоемы сточных вод, $q$	Безвозвратное потребление и потери воды
<b>Мясокомбинаты и мясоптицекомбинаты<sup>1)</sup> производительностью, т в смену:</b>			
до 30	24,2	19,3	4,9
свыше 30 до 50	20,9	16,5	4,4
свыше 50 до 100	19,6	15,7	3,9
свыше 100	21,9	18,4	3,5
<b>Мясоперерабатывающие заводы производительностью, т в смену</b>			
до 30:	14,8	12	2,8
свыше 30 до 40	16,3	13,3	3
<b>Птицекомбинаты<sup>2)</sup></b>	28,9	24,5	4,4
<b>Молокоприемные пункты и сепараторные отделения</b>	2	1,7	0,3
<b>Городские молочные заводы производительностью, т в смену:</b>			
до 50	5,5	4,4	1,1
свыше 50 до 200	6,5	5,2	1,3
свыше 200 до 400	6	4,8	1,2
свыше 400	4,5	3,6	0,9
<b>Заводы сгущенных молочных продуктов производительностью, т в смену:</b>			
до 60 или до 180 т молока в сутки	5,5	3,9	1,6
свыше 60 или более 180 т молока в сутки	5	1,5	1,5
<b>Заводы сухих молочных продуктов (цельного и обезжиренного молока, ЗЦМ), маслодельные заводы с цехами сушки, молочно-консервные комбинаты детских продуктов производительностью, т в сутки:</b>			
до 300	5	3,5	1,5
свыше 300	4,5	3,1	1,4
<b>Маслодельные заводы</b>	3	2,6	0,4

## Приложение 7 (продолжение)

Удельные нормы водопотребления и водоотведения для мясной и молочной промышленности (в м<sup>3</sup> на 1 т перерабатываемого сырья)

Тип предприятия и мощность	Среднегодовой расход свежей воды (питьевой и технической), $q_1$		Среднегодовое количество выпускаемых в водоемы сточных вод, $q$	Безвозвратное потребление и потери воды
Маслосырозаводы производительностью, т в сутки:				
до 200	4,5		3,8	0,7
свыше 200	4		3,4	0,6
Сырозаводы производительностью, т в сутки:				
до 50	6		5,1	0,9
свыше 50 до 200	5,5		4,7	0,8
свыше 200	5		4,3	0,7
Маслосыробазы, сыросозревательные базы, заводы плавленых сыров	5		4,3	0,7

<sup>1)</sup> Коэффициент изменения норм: в летний период  $K = 1,2$ ; в зимний период  $K = 0,8$ .

<sup>2)</sup> Коэффициент изменения норм: в летний период  $K = 1,5$ ; в зимний период  $K = 0,9$ .

## Приложение 8

## Расход воды и стоков санитарными приборами

Санитарный прибор	Секундный расход воды, л/с		Минимальные диаметры условного прохода, мм	
	общий	холодной	подводки	отвода
Умывальник, раковина с водоразборным краном	0,1	0,1	10	32
То же, со смесителем	0,12	0,09	10	32
Раковина, мойка инвентарная с водоразборным краном и колонка лабораторная водоразборная	0,15	0,15	10	40
Мойка со смесителем	0,12	0,09	10	40
Ванна ножная со смесителем	0,1	0,07	10	40
Душ в групповой установке со смесителем	0,2	0,14	10	50
Гигиенический душ (биде) со смесителем	0,08	0,05	10	32
Унитаз со смывным бачком	0,1	0,1	8	85

## Приложение 8 (продолжение)

## Расход воды и стоков санитарными приборами

Санитарный прибор	Секундный расход воды, л/с		Минимальные диаметры условного прохода, мм	
	общий	холодной	подводки	отвода
Писсуар	0,035	0,035	10	40
Питьевой фонтанчик	0,04	0,04	10	25
Поливочный кран	0,3	0,3	15	—

## Приложение 9

## Технические характеристики водопроводного насосного оборудования

Тип насосов	Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Частота вращения, об./мин	Мощность электродвигателя, кВт
Консольные	К-8/18	8	18	2900	1,5
	К-20/30	20	30	2900	4
	К-45/30	45	30	2900	7,5
	ЗК-6И	43,2	50	2900	13
	ЗК-6И/1	41,2	45,5	2900	13
	К-90/20	90	20	2900	7,3
	4 К-6У	90	87	2900	55
	6 К-8У	162	32,5	1450	30
Вихревые	ВК-1/16	3,6	16	1450	1,5
	ВСК-1/16	7,2	26	1450	1,5
	ВК-2/26	7,2	26	1450	3
	ВКС-2/26	14,4	24	1450	3
	ВК-4/24	14,4	24	1450	5,5
	ВКС-4/24	18	24	1450	5,5
	ВК-5/24	18	24	1450	10
	ВКС-5/24	18	24	1450	5,5
	ВК-10/45	36	45	1450	17
	ВКС-10/45	36	45	1450	30
Центробежно-вихревые	ЦВ-4/85	14,4	85	2900	17
	ЦВ-5/105	18	105	2900	22
	ЦВ-5/140	18	140	2900	30
	ЦВ-6,3/160	22,7	160	2900	40

Значение гидравлического уклона  $i$  (в мм вод. ст. на 1 м трубопровода)  
и скорости течения воды  $V$  (в м/с) для стальных труб

Расход воды на участке, $q \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /с	Параметр	Диаметр трубы, мм							
		25	32	40	50	70	80	100	125
1,0	$V$	1,88	1,05	0,80	0,47	—	—	—	—
	$i$	437	96	47	13	—	—	—	—
2,0	$V$	—	2,11	1,59	0,94	0,57	—	—	—
	$i$	—	375	178	46	13	—	—	—
3,0	$V$	—	—	2,39	1,41	0,85	0,60	—	—
	$i$	—	—	400	100	27	12	—	—
4,0	$V$	—	—	—	1,88	1,13	0,81	—	—
	$i$	—	—	—	177	47	20	—	—
5,0	$V$	—	—	—	2,35	1,42	1,01	0,58	—
	$i$	—	—	—	272	72	30	7	—
6,0	$V$	—	—	—	2,82	1,70	1,21	0,69	—
	$i$	—	—	—	399	104	42	11	—
7,0	$V$	—	—	—	—	1,99	1,41	0,81	0,53
	$i$	—	—	—	—	142	57	14	4
8,0	$V$	—	—	—	—	2,27	1,61	0,92	0,60
	$i$	—	—	—	—	185	75	18	6
9,0	$V$	—	—	—	—	2,55	1,81	1,04	0,68
	$i$	—	—	—	—	234	95	22	8
10,0	$V$	—	—	—	—	2,84	2,01	1,15	0,75
	$i$	—	—	—	—	289	117	27	9
15,0	$V$	—	—	—	—	—	—	1,73	1,13
	$i$	—	—	—	—	—	—	60,2	29

## Библиографический список

1. Виноградов Ю. Н., Косой В. Д., Новик О. Ю. Проектирование предприятий мясной, молочной и рыбной промышленности. Архитектурно-строительная часть и инженерное обеспечение. — М.: МГУПБ, 2002. — 336 с.
2. Виноградов Ю. Н., Душин И. Ф., Попенко Л. Я., Юшюс А. И. Санитарно-технические устройства предприятий. — М.: Агропромиздат, 1991. — 304 с.
3. Матюхин А. Н., Шепкин Г. Т., Неелов В. А. Теплоизоляционные и гидроизоляционные работы. — М., 1991. — 386 с.
4. Наназашвили И. Х. Строительные материалы, изделия и конструкции: Справочник. — М.: Высшая школа, 1990. — 584 с.
5. Тепличенко В. И., Лапидус А. А., Терентьев О. М., Соколовский В. В. Технология возведения зданий и сооружений. — М.: Высшая школа, 2001. — 492 с.
6. Технология строительных процессов / Под ред. Н. Н. Данилова и О. М. Терентьева. — М.: Высшая школа, 2000. — 504 с.
7. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Ласков Ю. М., Калицун В. И. Водоотведение и очистка сточных вод. — М., 1996. — 329 с.
8. Чистов Л. М. Экономика строительства. — СПб.: Питер, 2003. — 637 с.
9. СНиП 11-01-95. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. — М., 1997.
10. СНиП 10-01-94. Система нормативных документов в строительстве. Основные положения. — М., 1994.
11. СНиП 11-89-80. Генеральные планы промышленных предприятий. — М., 2001.
12. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. — М., 2002.
13. СНиП 31-03-2001. Производственные здания. — М., 2001.
14. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания. — М., 1997.
15. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. — М., 2003.
16. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. — М., 2003.