

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

СПРАВОЧНИК

**МОСКВА
«ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»**

1978

Настоящий справочник серии «Холодильная техника» содержит сведения о проектировании производственных и распределительных холодильников (планировка, тепловые расчеты, подбор оборудования), а также об особенностях проектирования подземных холодильников. Рассмотрены вопросы проектирования систем охлаждения и схем автоматизации.

Приведены характеристики изоляционных материалов и основные положения по проектированию изоляционных конструкций, изоляции холодильных трубопроводов и обогрева грунта.

Рассмотрены строительные конструкции хо-

лодильников. Дан расчет водоохлаждающих устройств. Приведены сведения об электрооборудовании и электрооборудовании холодильников. Изложен материал об экономике холодильного хозяйства.

Из данной серии в 1977 г. издан справочник «Эксплуатация холодильников». В 1978 г. — «Малые холодильные установки и холодильный транспорт». Готовятся к изданию справочники «Применение холода в пищевой и рыбной промышленности», «Применение холода в мясной и молочной промышленности» и «Применение холода в технике».

Главный редактор серии «Холодильная техника» — канд. техн. наук **А. В. БЫКОВ**.

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, проф. **А. А. ГОГОЛИН** (зам. главного редактора); канд. техн. наук **Д. Г. РЮТОВ** (зам. главного редактора); д-р техн. наук, проф. **Н. А. ГОЛОВКИН**; д-р техн. наук, проф. **Г. Н. ДАНИЛОВА**; канд. техн. наук **И. М. КАЛНИНЬ**; канд. техн. наук **М. П. КУЗЬМИН**; д-р техн. наук, проф. **Л. З. МЕЛЬЦЕР**; д-р техн. наук, проф. **Л. М. РОЗЕНФЕЛЬД**; д-р техн. наук, проф. **Г. Б. ЧИЖОВ**.

В составлении справочника «Проектирование холодильных сооружений» принимали участие: инж. **В. В. ВАСЮТОВИЧ**; инж. **И. М. ГИНДЛИН**, д-р техн. наук, проф. **А. А. ГОГОЛИН**, канд. техн. наук **И. Ф. ДУШИН**, канд. техн. наук **А. Ф. ЗИЛЬБЕРБОРД**, инж. **А. В. КАРПОВ**, канд. техн. наук **Н. Т. КУДРЯШОВ**, инж. **А. А. КУЗНЕЦОВА**, инж. **Б. В. ЛИФАНОВ**, инж. **М. Е. ЛУРЬЕ**, канд. экон. наук **М. М. ПОЗИН**, инж. **В. А. ФАЙНШТЕЙН**, инж. **В. Я. ЯНЮК**.

Рецензенты: канд. техн. наук **Е. М. АГАРЕВ**, д-р техн. наук, проф. **Л. Д. БЕРМАН**, канд. техн. наук **М. М. ГОЛЯНД**, канд. экон. наук **Н. Д. КОНДРАТЮК**, д-р техн. наук, проф. **Е. С. КУРЫЛЕВ**, инж. **А. П. СЕМАКОВ**, инж. **Н. Д. ЭПШТЕЙН**.

Научный редактор справочника «Проектирование холодильных сооружений» д-р техн. наук, проф. **А. А. ГОГОЛИН**.

ГЛАВА I

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНИКОВ ОБЫЧНОГО ТИПА (НАЗЕМНЫХ)

Исходные данные

Основными руководящими документами при проектировании холодильных сооружений являются документы, изданные Госстроем СССР: «Временная инструкция по разработке проектов и смет для промышленного строительства» (СН 202—76); «Инструкция по типовому проектированию для промышленного строительства» (СН 227—70); «Строительные нормы и правила», часть II, раздел II, глава 2; «Холодильники, нормы проектирования» (СНиП II-105—74).

Кроме того, при проектировании руководствуются действующими нормами, правилами, указаниями по промышленному строительству, каталогами типовых проектов, строительных конструкций и деталей, сметными нормативами, расценками и цениками для определения стоимости строительства и другими документами.

При разработке проектной документации учитывают также положения ведомственных нормативных и руководящих документов, определяющих основные технические направления в проектировании, перспективу развития и специфику отрасли промышленности, для которой сооружается объект.

Проекты холодильников разрабатывают на основе задания на проектирование, технико-экономического обоснования строительства объекта и технических изысканий.

Задание на проектирование предприятия выдается заказчиком и составляется при непосредственном участии проектной организации, которой поручена разработка проекта. Задание разрабатывается по схемам развития и размещения данной отрасли промышленности, комплексного развития соответствующего экономического района или союзной республики, районной планировки или генерального плана города в соответствии с основными техническими направлениями в проектировании предприятий отрасли. Задание на проектирование до его утверждения должно быть согласовано с территориальным институтом Госстроя СССР в отношении намечаемого кооперирования,

энергоснабжения, водоснабжения, канализации и транспорта.

Задание должно содержать следующие данные: основание для проектирования; район, пункт и площадка строительства; намечаемые сроки строительства (в соответствии с нормами его продолжительности); размеры и структуру холодильной емкости, производительность камер замораживания, состав производственных цехов (фабрика мороженого, цехи замораживания плодов, овощей и ягод и др.); намечаемое производственное и хозяйственное кооперирование; основные источники обеспечения предприятия водой, теплом, газом, электроэнергией; для фабрики мороженого указываются источники снабжения сухим льдом, необходимым при реализации мороженого; условия по очистке и сбросу сточных вод; основные технологические процессы и оборудование; намечаемое расширение предприятия; размер капитальных вложений и основные технико-экономические показатели предприятия, которые должны быть достигнуты при проектировании; стадийность и сроки проектирования; наименование генеральной проектной организации, строительной организации — генерального подрядчика.

Указанный состав задания на проектирование может уточняться применительно к особенностям отрасли промышленности и условиям осуществления строительства. В дополнение к заданию заказчик представляет архитектурно-планировочное задание, выдаваемое исполкомом местного Совета народных депутатов, и строительный паспорт участка, содержащий основные технические данные и технические условия на присоединение к инженерным сетям и сооружениям.

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства холодильника производится с целью выбора мощности, места строительства, установления экономической целесообразности и хозяйственной необходимости проектирования и строительства предприятия, расчета основных технико-экономических показателей, которые сопоставляются с соответствующими показателями лучших отечественных и зарубежных предприятий того же типа и мощности, а также с нормативными показателями.

Объем технических изысканий, порядок выбора и утверждения площадок для строитель-

ства предприятий определены инструкцией СН 202—76 и «Строительными нормами и правилами» (СНиП II-A. 13—69. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения).

Главная задача технических изысканий — комплексное изучение местных условий и получение необходимых исходных данных для технически обоснованного и экономически целесообразного решения вопросов проектирования и строительства.

Выбор площадки для строительства, находящейся в пункте, установленном схемой развития и размещения соответствующей отрасли народного хозяйства, производится при подготовке задания на проектирование. Для выбора площадки строительства заказчиком (министерством или ведомством) создается комиссия в составе, регламентируемом инструкцией СН 202—76. Выбор площадки оформляется актом, который утверждается заказчиком вместе с заданием на проектирование. На площадках строительства проводят топографическую съемку и инженерно-геологические изыскания для получения гидрогеологической характеристики грунтов и определения их физико-технических свойств. Площадка строительства выбирается по возможности вблизи населенного пункта, источника водоснабжения, энергоснабжения и мест сброса сточных вод.

В последние годы холодильные сооружения размещают часто в промышленных узлах. В их состав включают предприятия различных отраслей промышленности независимо от их ведомственной подчиненности с общими объектами вспомогательных производств, хозяйств и инженерными коммуникациями. Схему промышленного узла разрабатывает генеральная проектная организация — территориальный проектный институт Госстроя СССР или проектный институт Госстроя союзной республики. Создание промышленных узлов способствует наиболее эффективному использованию капитальных вложений, так как позволяет значительно сократить затраты на инженерные сооружения и коммуникации. При размещении холодильных сооружений в промышленных узлах объем технических изысканий сокращается. При строительстве предприятия в населенном пункте на отдельном земельном участке объем технических изысканий значительно возрастает. Для их проведения необходимо иметь утвержденный акт на выбор площадки и утвержденное задание на проектирование. Заказчик должен передать генеральной проектной организации архитектурно-планировочное задание и строительный паспорт участка с техническими условиями на присоединение к инженерным коммуникациям и сооружениям, сведения о су-

ществующей застройке и другие исходные данные.

Топографические планы земельного участка для строительства предприятий и полос трасс выполняются в масштабах 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000 и 1:10000. В строительстве холодильников используются съемки в масштабах 1:500 и 1:1000.

Изыскания для строительства в районах со специфическими условиями (оползневых, карстовых, сейсмических, с вечной мерзлотой и др.) проводятся с выполнением некоторых дополнительных работ в соответствии со СНиП II-A. 13—69. Для холодильных сооружений изыскания проводятся в один этап для технического (технорабочего) проекта и рабочих чертежей. С целью детализации и уточнения ранее выполненных съемок и гидрогеологических работ и получения дополнительных данных производятся дополнительные изыскательские работы на стадии разработки рабочих чертежей.

До разработки технического (технорабочего) проекта рекомендуется разработать технические условия на строительное проектирование предприятия и согласовать их со строительным министерством, которое будет осуществлять строительство, или по его поручению — с подрядной строительной организацией. С ней же согласовывается выбор строительных конструкций, материалов, средств механизации, применение единичных районных расценок, порядок начислений по накладным расходам и другим затратам, предусмотренным дополнительно нормативными документами или постановлениями соответствующих органов.

Стадии проектирования

Проектирование предприятий может осуществляться: для крупных и сложных предприятий — в две стадии: технический проект и рабочие чертежи; при использовании типовых и повторно применяемых проектов — в одну стадию — технорабочий проект (технический проект, совмещенный с рабочими чертежами). Решение о разработке проектов в одну или две стадии принимается министерствами и ведомствами и советами министров союзных республик и указывается в задании на проектирование предприятия.

Технический проект. Состав технического проекта регламентируется инструкцией Госстроя СССР СН 202—76 и уточняется на основании утвержденного министерством или ведомством эталона технического проекта, разработанного проектной организацией применительно к особенностям данной отрасли промышленности.

В техническом проекте должны быть отражены следующие основные вопросы: обеспече-

ние исходным сырьем, материалами, энергией, водой и другими ресурсами; кооперирование производства и связи с сопряженными отраслями народного хозяйства; технологические процессы, организация и экономика производства; использование территории, отведенной под застройку, и выбор оптимального варианта генерального плана; объемно-планировочные, архитектурные и конструктивные решения основных зданий и сооружений, номенклатура строительных материалов, конструкций и изделий; создание условий для научной организации труда и бытового обслуживания работающих; организация строительства и продолжительность его осуществления; стоимость строительства (смета должна быть основным документом для планирования капитального строительства и для расчетов между заказчиком и строительной и монтажной организациями); технико-экономические показатели, включая производительность труда, себестоимость продукции, рентабельность производства, уровень механизации и автоматизации его, энерговооруженность и экономическую эффективность капитальных вложений.

В составе технического проекта в целях сокращения объема проектных материалов должны приводиться только материалы и чертежи, которые необходимы для обоснования принятых проектных решений и определения сметной стоимости строительства. Для зданий и сооружений, строительство которых предполагается осуществлять по типовым и повторно применяемым экономичным проектам, приводятся в табличной форме перечень проектов, краткая техническая характеристика зданий и сооружений со схематичным изображением их планов и разрезов. При внесении частичных изменений в типовые проекты, вызванных проверкой соответствия технических решений проектов современному уровню техники, действующим нормам, правилам и стандартам, а также возможностям подрядных строительных организаций и условиям строительных площадок, кроме паспортов типовых проектов, необходимо привести данные, обосновывающие необходимость внесения изменений. На изменение объемно-планировочных решений или технико-экономических показателей типовых проектов проектная организация должна получить соответствующее разрешение в установленном порядке.

В техническом проекте должны быть приведены заказные спецификации по определенной форме для размещения заказов на технологическое, насосно-компрессорное, специальное и другое оборудование (на изготовление его необходимо длительное время), а также на оборудование, по которому проектные организации должны получить от заводов-изготовителей исходные данные для разработки

рабочих чертежей. Приводятся заявочные ведомости на общезаводское оборудование, приборы, арматуру, кабельные и другие изделия. Составляются технические требования на разработку нестандартного оборудования.

Рабочие чертежи. Рабочие чертежи разрабатывают в соответствии с утвержденным техническим проектом. При их разработке уточняют и детализируют принятые техническим проектом решения в той степени, в которой это необходимо для производства строительно-монтажных работ индустриальными методами и в объеме, предусмотренном инструкцией Госстроя СССР СН 202—76. Особое внимание обращают на согласование типов строительных конструкций и вида теплоизоляционных материалов. Необходимо получить подтверждение от заказчика относительно марок технологического и другого основного оборудования.

Рабочие чертежи выполняют в соответствии с утвержденными министерствами и ведомствами эталонами с максимальным использованием нормалей, типовых и унифицированных конструкций, типовых каталогов, серий стандартных чертежей. В техно-рабочем проекте решаются те же вопросы, что и при двухстадийном проектировании. В процессе разработки проекта производятся предварительные согласования принятых основных технических решений с заказчиком и другими инстанциями.

Типы и емкость холодильников

В зависимости от выполняемых функций холодильники подразделяют на распределительные (для оптовой торговли), производственные, портовые, базисные, торговые (последние для торговой сети и общественного питания). Каждый тип холодильника имеет особенности, которые учитывают при их проектировании.

При проектировании пользуются следующей классификацией холодильников по условным емкостям: малые до 500 т, средние до 5000 т, крупные свыше 5000 т.

Этажность холодильников устанавливают в зависимости от их размеров, назначения и условий строительных площадок; при этом предусматривают максимальное снижение капитальных и эксплуатационных затрат. Целесообразность строительства одноэтажных холодильников не определяется их емкостью, они могут быть любых размеров. Преимущество одноэтажных холодильников — широкая возможность комплексной механизации грузовых работ, в результате чего не только облегчается труд рабочих, но и значительно уменьшается стоимость проведения грузовых работ.

Холодильники емкостью 10 000 т и выше сооружают многостажными. Многостажные холодильники меньшей емкости проектируют в

исключительных случаях (например, при малых размерах строительной площадки и относительно благоприятных других условиях для строительства именно на этой площадке); многоэтажными обычно проектируются портальные холодильники. Вместо одноэтажного может быть запроектирован двухэтажный холодильник (при неровном рельефе предоставленного для строительства земельного участка, большой разности отметок железнодорожного подъездного пути и автодороги). При этом предусматривается устройство железнодорожной и автомобильной платформ на разных этажах, а также лифтов для вертикальной транспортировки грузов. В таком холодильнике камеры хранения мороженных грузов размещают на втором этаже, а камеры хранения охлажденных грузов — на первом.

Производственные и специализированные холодильники необходимо размещать в соответствии с «Указаниями по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений пищевой промышленности» СН 124—72, а также данными отраслевых «Схем развития и размещения» и ТЭО. Емкости распределительных холодильников и районы их размещения следует назначать в соответствии с утвержденной «Схемой развития и размещения холодильного хозяйства СССР по экономическим районам» и на основании ТЭО, составляемых для каждой из вновь начинаемых или подлежащих реконструкции строек. Распределительные холодильники следует размещать в составе промышленных узлов, групп и комплексов пищевых предприятий. Необходимость размещения в составе распределительных холодильников производственных цехов (например, мороженого, фасовки продуктов) должна подтверждаться ТЭО. Холодильники для хранения фруктов и овощей в системе Министерства торговли СССР рекомендуется размещать при плодово-овощных базах, что обеспечивает возможность более полного использования емкостей в течение года, а в системе сельского хозяйства — преимущественно в районах заготовки фруктов и овощей.

В каждом конкретном случае структура холодильной емкости уточняется на основании данных ТЭО. Размеры и число камер принимают с учетом обеспечения раздельного хранения неоднородных продуктов. Производительность камер замораживания распределительных холодильников принимается до 0,3% от их емкости. Для холодильников общего назначения емкостью до 800 т камеры замораживания не проектируют. Структуру холодильных емкостей специализированных холодильников принимают в соответствии с требованиями ведомственных норм технологического проектирования. При разработке проектов холодильников рыбной

промышленности емкостью до 1000 т в их состав следует включать камеры хранения мороженной рыбы, а также камеры замораживания и льдозаводы, ориентировочная производительность которых указана в табл. I—1.

Таблица I—1

Производительность камер замораживания и льдозаводов при холодильниках рыбной промышленности

Условная емкость холодильников, т	Производительность камер замораживания, т в сутки	Производительность льдозавода, т в сутки
100	10	5
300	20	15
500	30	20
750 и выше	50—75	—

Объемы суточного поступления грузов на холодильники принимают в соответствии с данными заданий на проектирование или определяют расчетом.

Необходимый для нормальной эксплуатации состав основных (производственных) и подсобных зданий и сооружений, размещаемых на площадках распределительных холодильников, предусматривают в зависимости от конкретных условий строительства данного холодильника (самостоятельное предприятие или входит в состав других предприятий), а также на основании требований соответствующих норм технологического проектирования. При строительстве распределительного холодильника как самостоятельного предприятия рекомендуется следующий состав зданий и сооружений: охлаждаемый склад с автомобильной и железнодорожной платформами; машинное отделение с необходимыми производственными и подсобными помещениями; конденсаторное отделение; градирня с насосной станцией оборотного водоснабжения; склад аммиака (фреона) и масел; резервуары оборотного и противопожарного водоснабжения; котельная; административно-бытовой корпус.

Кратность грузооборота холодильников рекомендуется принимать: специализированных — на основании данных соответствующих ведомственных норм технологического проектирования; распределительных — 4—6 в год.

Емкость холодильников рассчитывают по единой «Инструкции для определения емкости холодильников», согласованной с различными министерствами и ведомствами и утвержденной Госпланом СССР и ЦСУ СССР.

Охлаждаемый объем холодильников определяется как сумма геометрических объемов (произведение строительной площади на строительную высоту) камер хранения мороженных и охлажденных грузов. Емкость холодильников определяют раздельно по камерам хранения мороженных грузов и камерам хранения охлажденных грузов. При этом камеры хранения с универсальным температурным режимом относят к камерам хранения мороженных грузов.

При определении емкости холодильников для хранения плодов и овощей камеры предварительного охлаждения следует учитывать как камеры хранения.

Емкость холодильников с учетом хранения в них различных по плотности грузов определяют в тоннах условного груза по удельной загрузке ($0,35 \text{ т/м}^3$) как сумму условных емкостей камер хранения мороженных и охлажденных грузов и камер хранения охлажденного мяса, оборудованных подвесными путями; емкость последних определяется по норме загрузки подвесных путей, равной $0,25 \text{ т/м}$. Условная емкость холодильника E_x (в т):

$$E_x = E_k + E_{k,n}, \quad (I-1)$$

где $E_k = V_r \cdot 0,35$ — условная емкость камеры хранения мороженных или охлажденных грузов, т;

$E_{k,n} = L \cdot 0,25$ — условная емкость камеры хранения охлажденного мяса, оборудованной подвесными путями, т (L — грузовая длина подвесных путей в камере без учета распределительных путей со стрелками, м).

Грузовой объем камеры хранения V_r (в м^3)

$$V_r = F_r \cdot h_r, \quad (I-2)$$

где $F_k = F_c - \Sigma f$ — грузовая площадь камеры, м^2 (F_c — строительная площадь камеры, принимаемая равной площади пола, м^2);

Σf — площадь камер, занятая внутренними и пристенными колоннами, проездами, пристенными батареями, напольными воздухоохладителями, тамбурами, отступами штабеля от оборудования и стен камеры, м^2 ;

h_r — грузовая высота, м.

При определении грузовой высоты h_r — расстояния от верха штабеля до перекрытия, приборов охлаждения, воздушных каналов при-

нимают: при размещении охлаждающих батарей над проездом — $0,2 \text{ м}$ до гладкого потолка или низа балок; при равномерном размещении охлаждающих батарей по площади потолка — $0,3 \text{ м}$ до низа батарей; при наличии воздушных каналов — $0,3 \text{ м}$ до низа каналов или $0,2 \text{ м}$ до низа балок, если они выступают ниже каналов; при наличии подвесных воздухоохладителей — $0,3 \text{ м}$ до их нижней части. Величины отступов от гладких стен, внутренних и пристенных колонн, батарей и напольных воздухоохладителей принимать равными $0,3 \text{ м}$. Площадь, занятую колоннами круглого сечения, определяют как для колонн квадратного сечения со стороной, равной диаметру колонн. Для всех камер холодильников при механизированной укладке грузов ширину грузового проезда принимают равной $1,6 \text{ м}$.

В камерах, непосредственно за грузовой дверью, целесообразно предусматривать площадку для маневрирования погрузчиков размером $4,0 \times 4,0 \text{ м}$. При складировании пакетированного мороженного мяса размер площадки для маневрирования принимают $5,2 \times 5,2 \text{ м}$. Для холодильников малой емкости, в которых применение подъемно-транспортных механизмов нецелесообразно, ширину грузового проезда принимают равной $1,2 \text{ м}$. Емкость специализированных холодильников для хранения плодов и овощей определяют, по основному виду хранимой продукции с учетом принятого размещения грузовых штабелей. При определении емкости камер хранения для различных продуктов пользуются нормами загрузки, приведенными в справочнике «Эксплуатация холодильников» серии «Холодильная техника» (глава IV, с 145—146).

При проектировании охлаждаемых помещений холодильников предприятий мясной, рыбной, молочной, пивобезалкогольной и винодельческой промышленности, фабрик и цехов мороженного, фрукто- и овощехранилищ, а также подсобных помещений холодильников, предназначенных для холодильной обработки и хранения продуктов, руководствуются данными, приведенными в справочнике «Эксплуатация холодильников» (глава IV).

Объемно-планировочные решения зданий холодильников

При разработке объемно-планировочных решений зданий холодильников и производственных технологических цехов следует руководствоваться требованиями глав СНиП: II-105—74 «Холодильники», II М.2—72 «Производственные здания промышленных предприятий». Нормы проектирования, II-92—76 «Вспомогательные здания и помещения промышленных

предприятий. Нормы проектирования», II—А. 4—62 «Единая модульная система строительства. Основные положения проектирования», а также «Указаниями по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений пищевой промышленности» СН 124—72 и «Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий» СН 245—71.

Распределительные холодильники

Принимаемые при проектировании объемно-планировочные решения зданий распределительных холодильников должны обеспечивать применение наиболее прогрессивной технологии хранения продуктов, рациональные грузовые потоки, возможность максимальной механизации погрузочно-разгрузочных операций и минимальные внешние теплопритоки с учетом особенностей строительной площадки.

Проектируемые охлаждаемые помещения холодильника отделяют от отапливаемых вспомогательных и размещают компактно с образованием минимально возможных поверхностей наружных теплоизоляционных ограждений. Количество охлаждаемых камер принимается с учетом заданных технологических режимов хранения и ассортимента хранящихся грузов.

Поскольку распределительные холодильники являются предприятиями системы торговли, структура их емкости определяется ассортиментом продуктов, поступающих на холодильное хранение и поставляемых затем в торговую сеть.

За последнее десятилетие развитие холодильного хозяйства в пищевых отраслях промышленности, потребительской кооперации и сельскохозяйственном производстве привело к сокращению на распределительных холодильниках емкостей для хранения охлажденных грузов и к увеличению емкостей для низкотемпературного хранения замороженных продуктов.

При проектировании принимают следующую структуру емкости распределительных холодильников: камеры хранения мороженных грузов 50—70%, камеры хранения охлажденных грузов 35—20%, камеры хранения с универсальными температурами 15—10%.

Температурный режим распределительного холодильника проектируют следующий: для камер хранения мороженных грузов — 20°С, камер хранения охлажденных грузов +4÷—3°С, универсальных камер 0÷—20°С (или до —30°С), камер замораживания —30°С.

При проектировании одноэтажных холодильников принимают 3—5 камер хранения мо-

роженных грузов площадью 300—600 м², 4—5 камер хранения охлажденных грузов площадью до 300 м², 1—2 универсальные камеры площадью до 300 м², а при проектировании многоэтажных холодильников емкости камер хранения принимают несколько больше, чем в одноэтажных, причем площадь отдельных камер для мороженных грузов достигает 1000—1300 м². Количество камер замораживания в обоих типах холодильников предусматривают не более 2—3. Машинное отделение и вспомогательные отапливаемые помещения размещают в отапливаемой пристройке к охлаждаемому складу или в отдельно стоящем здании. При наличии благоприятных гидрогеологических условий многоэтажные холодильники проектируют с подвальными этажами, устройство которых зависит от рельефа местности, гидрогеологических условий и структуры грузов. Камеры подвальных этажей предназначают для хранения охлажденных грузов с температурным режимом не ниже —3°С.

Холодильные камеры одноэтажных холодильников рекомендуется проектировать без внутренних колонн с применением увеличенных размеров пролетов зданий. Предпочтение следует отдавать бескоридорному размещению камер с непосредственными выходами из них на параллельные грузовые платформы. При этом камеры с одинаковыми или близкими температурными режимами должны быть объединены в отдельные отсеки.

В многоэтажных холодильниках камеры с одинаковыми или близкими температурными режимами рекомендуют располагать по вертикальным отсекам. Не допускается размещать камеры хранения охлажденных грузов над низкотемпературными камерами.

В одноэтажных холодильниках с подвалом рекомендуют размещать в верхнем этаже низкотемпературные камеры, в нижнем — камеры для хранения охлажденных грузов. Выходы из камер многоэтажных холодильников и одноэтажных с подвалом следует предусматривать в грузовые коридоры или лифтовые вестибюли. Лифты должны иметь непосредственный выход на грузовые платформы и их размещают, как правило, в контуре здания заплотило с наружными стенами.

В целях облегчения удаления воды при оттайке снеговой шубы камеры замораживания рекомендуется располагать таким образом, чтобы стены, возле которых устанавливают воздухоохладители, граничили с отапливаемыми помещениями. Над холодильными камерами, оборудованными аммиачными приборами охлаждения, а также под этими камерами и рядом с ними можно размещать только производственные службы и, кроме того, помещения цехов холодильника, основным технологическим

процессом которых является обработка продуктов и сырья искусственным холодом.

Ширину зданий многоэтажных холодильников принимают не более 40 м. При выборе ширины здания помимо планировочных соображений руководствуются удобством монтажа его из сборных железобетонных элементов двумя башенными кранами со стрелой не менее 22,5 м, расположенными по обе стороны вдоль здания. Ширина одноэтажных холодильников с центральным расположением коридора определяется модулем, равным 12 м, отвечающим длине наиболее распространенного пролета. Так, ширина одноэтажных холодильников в зависимости от емкости принимается равной 12, 24, 36, 48, 60 и 72 м.

В целях относительного снижения стоимости строительства одноэтажных холодильников их высоту при проектировании следует принимать повышенной — 6 м и более. Однако при этом учитывают имеющийся в наличии парк подъемно-транспортных механизмов и возможность более полного использования грузовой высоты камер. Высоту камер холодильников малой емкости принимают в соответствии с используемыми средствами механизации, но не менее 3,6 м.

Для многоэтажных холодильников высоту камер между отметками верха плит перекрытий принимают 4,8 м при расчетной нормативной полезной нагрузке 20 кПа (2000 кгс/м²), для отдельных многоэтажных холодильников высоту можно увеличить до 6 м с соответствующим повышением расчетной нагрузки на перекрытие до 30 кПа (3000 кгс/м²).

Размеры железнодорожных и автомобильных платформ холодильника должны обеспечивать нормальную работу грузовых механизмов. Для железнодорожного и автомобильного транспорта длину грузовых платформ определяют по расчету в зависимости от емкости холодильника и его грузооборота. По требованию Министерства путей сообщения длина железнодорожной платформы должна быть рассчитана на прием пятивагонной рефрижераторной секции, т. е. иметь длину около 120 м. Это требование не распространяется на небольшие холодильники, но для холодильников емкостью 3000 т и выше является обязательным.

Ширину платформ для крупных и средних холодильников рекомендуется проектировать не менее 7,5 м. Высоту железнодорожной платформы принимают равной 1400 мм от уровня головки рельса, автомобильной — 1200 мм от поверхности погрузочно-разгрузочной площадки для автомашин. При соответствующем обосновании допускается устройство низких платформ высотой около 200 мм.

Для обеспечения открывания дверей всех типов изотермических вагонов железнодорож-

ная платформа должна иметь вдоль пути пониженную часть шириной 560 мм и высотой 1100 мм от головки рельса.

В зависимости от климатических и других условий грузовые платформы проектируют открытыми или закрытыми. Над открытыми железнодорожными платформами необходимо предусматривать навес, перекрывающий не менее чем на 0,5 м ось железнодорожного пути. Закрытые железнодорожные платформы следует проектировать в виде дебаркадера.

Навес над открытыми автомобильными платформами выступает за ширину платформ не менее чем на 1,5 м. Закрытая автомобильная платформа должна быть оборудована погрузочно-выгрузочными проемами, число которых определяют по максимальному количеству одновременно устанавливаемых автомашин.

При проектировании портовых многоэтажных холодильников, располагаемых на причалах, следует помимо платформ предусматривать поэтажные грузовые балконы для выполнения погрузочно-разгрузочных работ портальными кранами при подаче грузов с судов непосредственно на холодильник и обратно.

Грузовые платформы крупных и средних холодильников следует оборудовать врезными весами с отапливаемыми весовыми помещениями, количество весов определяют расчетами в зависимости от емкости холодильника и грузооборота.

Для охлаждаемых камер применяют прислонные или откатные двери с изоляцией из легких теплоизоляционных материалов с общим коэффициентом теплопередачи, исключающим образование конденсата и с надежным уплотнением по периметру дверной коробки. С целью уменьшения теплопритоков через дверные проемы камер и коридоров, выходящих в теплые помещения или непосредственно на платформы, предусматривают устройство воздушных завес, тамбуров, штор и пр.

Для низкотемпературных камер рекомендуют использовать обогрев поверхностей контакта изоляционных дверей с дверными коробками по всему периметру проемов. Для изоляционных дверей с механическим приводом обогрев обязателен. Нагревательные устройства предусматривают в заводской конструкции дверей с соблюдением противопожарных требований. На холодильниках, имеющих камеры с отрицательными температурами, должны быть комнаты для обогрева рабочих. Указанные помещения необходимо оборудовать шкафами для сушки спецодежды, пристенными и напольными бетонными панелями лучистого отопления и устройствами для обогрева рук.

Гипрохолодом разработана серия типовых проектов ряда одноэтажных распределительных холодильников емкостью 2000, 3500 и

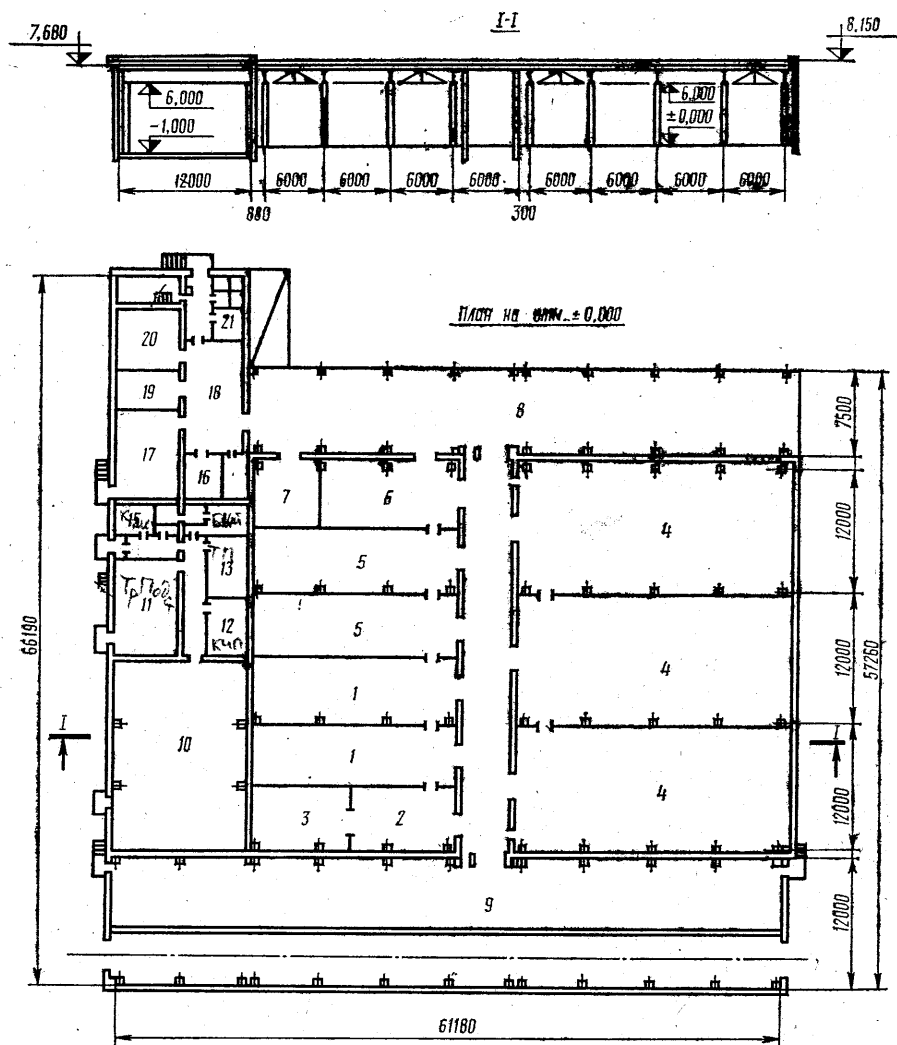


Рис. I-1. Одноэтажный распределительный холодильник емкостью 2000 т:

1—универсальная камера; 2—разгрузочная камера; 3—камера замораживания; 4—камеры хранения мороженных грузов; 5—камеры хранения охлажденных грузов; 6—экспедиция; 7—камера дефектных грузов; 8—автомобильная платформа; 9—закрытая железнодорожная платформа; 10—машинное отделение; 11—трансформаторная; 12—помещение КИПА; 13—тепловой пункт; 14—бытовые помещения; 15—комната механика; 16—мочная; 17—зарядка аккумуляторов; 18—профилакторий; 19—отделение приготовления электролита; 20—механическая мастерская; 21—помещение для обогрева рабочих.

6000 т (рис. I-1, I-2). Здания холодильников имеют сетку колонн 6×12 м с высотой 6 м от пола до низа балок. Конструктивное решение зданий предусматривает применение унифицированных сборных железобетонных конструкций. Наружные и внутренние стены производ-

ственных и вспомогательных зданий кирпичные. В качестве тепловой изоляции применен пенополистирол ПСБ-С. Пол холодильника имеет устройство для электрообогрева грунта.

Камеры оборудуют однопольными механизированными дверями шириной 2 и высотой

3,1 м. Изоляционные двери на выходах из грузовых коридоров на платформы также откатные шириной 3 м и высотой 3,1 м.

Холодильная установка имеет три системы с температурами кипения аммиака, а именно, -10 , -30 и -40°C .

Камеры хранения охлажденных грузов ($+4 \div -3^{\circ}\text{C}$) и универсальные камеры ($0-30^{\circ}\text{C}$) имеют воздушное охлаждение с расположением воздухоохладителей на антресолях над коридором. Здесь же располагаются распределительные устройства с регулирующей и запорной трубопроводной арматурой, а также соленоидные вентили системы автоматического оттаивания воздухоохладителей. Распределение воздуха — канальное с помощью щелевых сопел.

Камеры хранения мороженных грузов (-20°C) имеют батарейное охлаждение, которое может решаться в двух вариантах: с панельными батареями и однорядными оребренными, равномерно распределенными по потолку.

Камеры замораживания (-30°C) имеют интенсифицированное воздушное охлаждение с помощью напольных воздухоохладителей. Распределение воздуха — канальное по методу воздушного душирования. Замораживание мяса предусматривается на стоечных поддонах.

Холодильники емкостью 300 и 600 т представляют собой одноэтажные здания с сеткой колонн 6×12 м. Грузы доставляют автомашинами.

Охлаждающие приборы проектируют в двух вариантах — панельными и оребренными батареями непосредственного охлаждения. Камеры замораживания оборудуют системой воздушного охлаждения с использованием напольных воздухоохладителей.

Типовые проекты холодильников малой емкости — 12, 25, 50 и 100 т, разработанные Гипрохолодом, нашли широкое применение при строительстве в системе торговли, УРСов, в колхозах и совхозах. Холодильники предназначены для хранения скоропортящихся продуктов как замороженных, так и охлажденных. В холодильниках емкостью 12, 25 и 50 т используют фреоново-рассольное охлаждение. Камеры оборудуют гладкотрубными пристенными рассольными батареями.

На холодильниках емкостью 100 т (рис. 1—3) применяют комплекты фреоновые низкотемпературные холодильные установки ФМН-10 с непосредственным кипением фреона.

Охлаждение камер — воздушное с помощью подвесных воздухоохладителей, входящих в комплект поставки холодильных машин.

Одноэтажные холодильники малой емкости и емкостью до 1500 т при применении децентрализованного охлаждения камер могут быть решены более экономично. В этом

случае отпадает необходимость в строительстве традиционных машинных отделений с системой вентиляции, оборотного водоснабжения и др. Вместо них следует проектировать фреоновые низкотемпературные блочные холодильно-нагревательные установки с воздушными конденсаторами.

Из многоэтажных холодильников наибольшее распространение получили холодильники емкостью 10 000 (рис. 1—4) и 16 000 т, которые проектируются в виде 4- и 5-этажных зданий (сетка колонн 6×6 м) с применением сборных железобетонных конструкций. В качестве наружных ограждений камер используются стеновые изолированные железобетонные панели. При наличии благоприятных гидрогеологических условий предусматривается устройство подвального этажа с камерами для хранения охлажденных грузов при температуре $+4 \div -3^{\circ}\text{C}$. Для вертикальной транспортировки грузов холодильники оборудуют лифтами грузоподъемностью 3,2 или 5,0 т.

При строительстве многоэтажных холодильников емкостью 5000—8000 т используются проекты холодильников 10 000 и 16 000 т, но с соответствующим уменьшением длины зданий. При расширении этих холодильников их емкость путем пристройки доводится до 10 000 или 16 000 т. Этажность зданий холодильников может быть увеличена до 5—6 этажей, если подвал устроить нельзя.

Фабрики мороженого

Объемно-планировочные решения зданий фабрик мороженого принимают в зависимости от их производительности с учетом обеспечения поточности технологического процесса, рациональной связи бытовых и подсобных помещений с основными производственными цехами. Мощность фабрик и цехов мороженого выбирают в соответствии с параметрическим рядом: 0,25; 0,5; 1,0; 3,0; 5; 8; 10; 16 и 20 т в смену.

Фабрики мороженого производительностью до 5 т в одну смену, как правило, проектируют одноэтажными, свыше 5 т — многоэтажными. При проектировании одноэтажных зданий фабрик мороженого используют сетку колонн 6×12 , 6×18 м, для многоэтажных — 6×6 м; высота этажа 4,2—4,8 м до низа несущих конструкций. Строительные конструкции следует принимать с учетом повышенных санитарно-технических требований и температурно-влажностных режимов (гладкие потолки, антикоррозийное и защитное покрытие конструкций и др.). Перекрытия производственных и складских помещений фабрики рассчитывают под полезную нормативную нагрузку 10 и 20 кПа (1000 и 2000 кгс/м²). Ширина автомобильной платформы — не менее 4 м.

На крупных фабриках мороженого с целью полного разделения грузопотоков (сырья и готовой продукции) предусматривают две автоплатформы.

Холодильные камеры закаливания, хранения мороженого и сырья размещают в изолированных отсеках. Емкость камер рассчитывают на 20—40-суточную производительность фабрики и месячный запас сырья, используемого в производстве.

При значительной удаленности фабрики мороженого от машинного отделения проектируют местное аппаратное отделение холодильной установки, в котором монтируют циркуляционные ресиверы, аммиачные насосы, испарители и другое оборудование.

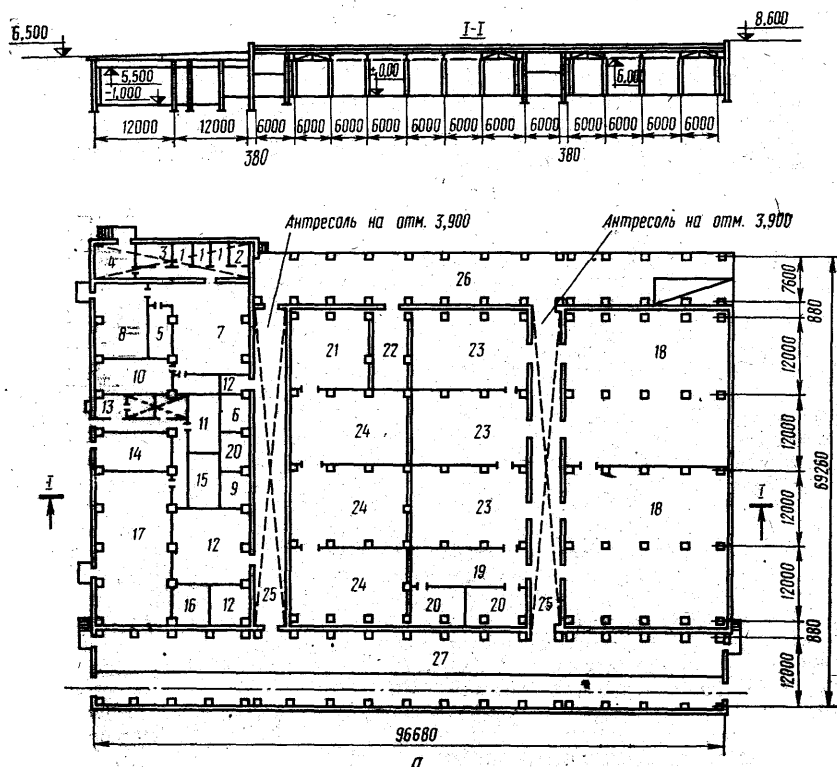
Ввиду большого холодопотребления и постоянства нагрузок фабрики мороженого производительностью свыше 10 т в смену проектируют с собственным машинным отделением холодильной установки.

На рис. I—5 представлены объемно-планировочные решения и расстановка оборудования фабрики мороженого производительностью 3 т

в смену. Здание фабрики одноэтажное. Производственная часть здания запроектирована из сборных железобетонных конструкций. Планировка решена с учетом поточности технологического процесса. При фабрике мороженого запроектировано аппаратное отделение холодильной установки, которое подключают к компрессорам, работающим при температуре кипения аммиака —12, —40 и —45° С. В камерах хранения приняты панельные потолочные и пристенные батареи.

Производственные холодильники

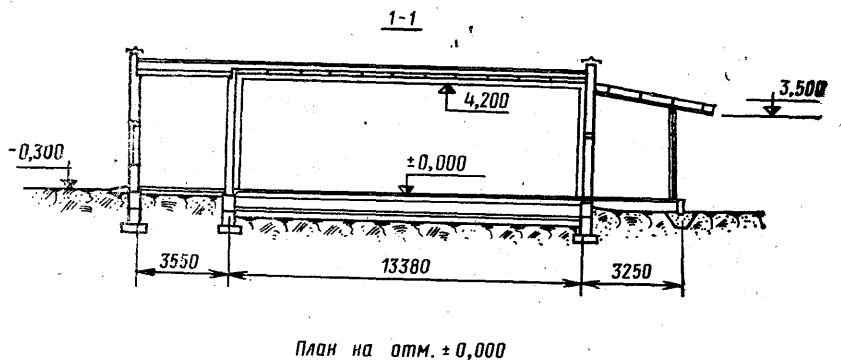
Объемно-планировочные решения производственных холодильников предприятий мясной, молочной и других отраслей пищевой промышленности разрабатывают в увязке с компоновкой технологических цехов. Эти предприятия проектируют преимущественно одноэтажными. При этом предусматривают увеличение высоты и размеров холодильных камер и расширение пролетов между колоннами.



Планировки холодильников должны обеспечивать поточность технологических процессов складывания и замораживания мясных, рыбных, молочных и других продуктов. Кроме того, планировки холодильников должны быть удобными для перемещения продуктов в камеры хранения и погрузки на внешний транспорт. При этом на производственных холодильниках возможно достижение высокого уровня механизации.

Для упрощения строительных и теплоизоляционных конструкций зданий производственных холодильников, снижения стоимости строительства и эксплуатации необходимо при проектировании создавать четкие изолированные холодильные контуры, не содержащие застываемых помещений.

4—емкостью 3500 т; 6—емкостью 6000 т; 1—гардероб, душевая, санузел; 2—помещение для обогрева рабочих; 3—комнаты кладовых; 4—столовая; 5—генераторная; 6—мусочное отделение; 7—аэрофакторий; 8—зарядная станция; 9—отделение парашютирования сыров; 10—вахтенская мастерская; 11—кладовой пункт; 12—кладовые; 13—комната механика; 14—трансформаторная подстанция; 15—помещение КИПа; 16—вентиляционная камера; 17—машинное отделение; 18—камера хранения мороженных грузов; 19—накопительное отделение; 20—камера замораживания; 21—камера дефектных грузов; 22—экспедиция; 23—универсальные камеры; 24—камера хранения охлажденных грузов; 25—коридор; 26—автомобильная платформа; 27—закрытая железнодорожная платформа.



План на отм. ± 0,000

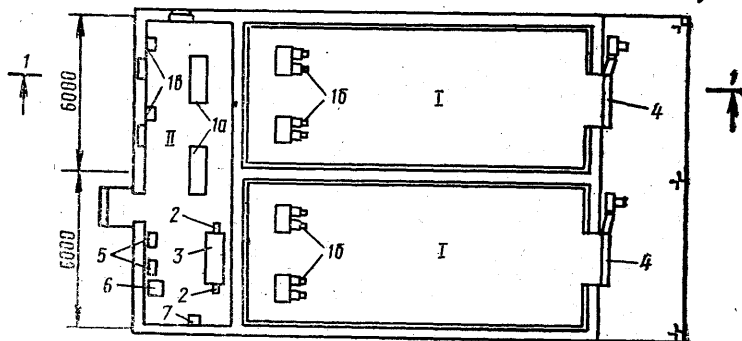


Рис. 1—3. Одноэтажный распределительный холодильник емкостью 100 т:

I—камера хранения ($t=0\pm 20^\circ\text{C}$); II—машинное отделение; 1—фреоновая холодильная машина ФМН-10 (1а—агрегат компрессорно-конденсаторный; 1б—агрегат воздухоохлаждающий $F=55\text{ м}^2$; 1в—щит управления); 2—насос для воды; 3—бак для воды; 4—завеса воздушная; 5—шкаф силовой; 6—щит автоматики; 7—шкаф управления электрообогревом грунта.

120 м, что достаточно для приема пятивагонной рефрижераторной секции. Все три корпуса объединены в общий строительный объем и связаны между собой системами подвешного и напольного транспорта.

При разработке технической документации емкость холодильников, состоящих из камер хранения мороженого мяса, принимают в размере не менее 40-сменной мощности комбината по выработке мяса в соответствии со сложившейся практикой проектирования и эксплуатации мясокомбинатов.

Проектируют производительность камер интенсивного охлаждения мяса 30—50% суточной производительности мясо-жирового корпуса, камер однофазного замораживания мяса — 70—90%.

В одноэтажных холодильниках мясокомбинатов принимают не более 3—4 камер хранения мороженого мяса, площадь которых в за-

висимости от мощности предприятия составляет в среднем от 300 до 1000 м^2 .

Количество однопролетных (шириной 6 м) камер замораживания мяса (с подвесными путями) 5—7.

Количество камер охлаждения мяса, однопролетных по ширине, не превышает трех. На некоторых холодильниках предусматривают универсальные камеры, например камеры охлаждения или хранения охлажденного мяса, охлаждения или замораживания мяса. При отсутствии таких камер вводят 1—2 универсальные камеры хранения охлажденного или мороженого мяса, не оборудуемые подвесными путями. В этих камерах охлажденное мясо хранят в стоечных поддонах (в 2—3 яруса по высоте).

Для ориентировочного определения площади камер хранения мороженого мяса (при высоте 6 м до низа конструкций покрытия) поль-

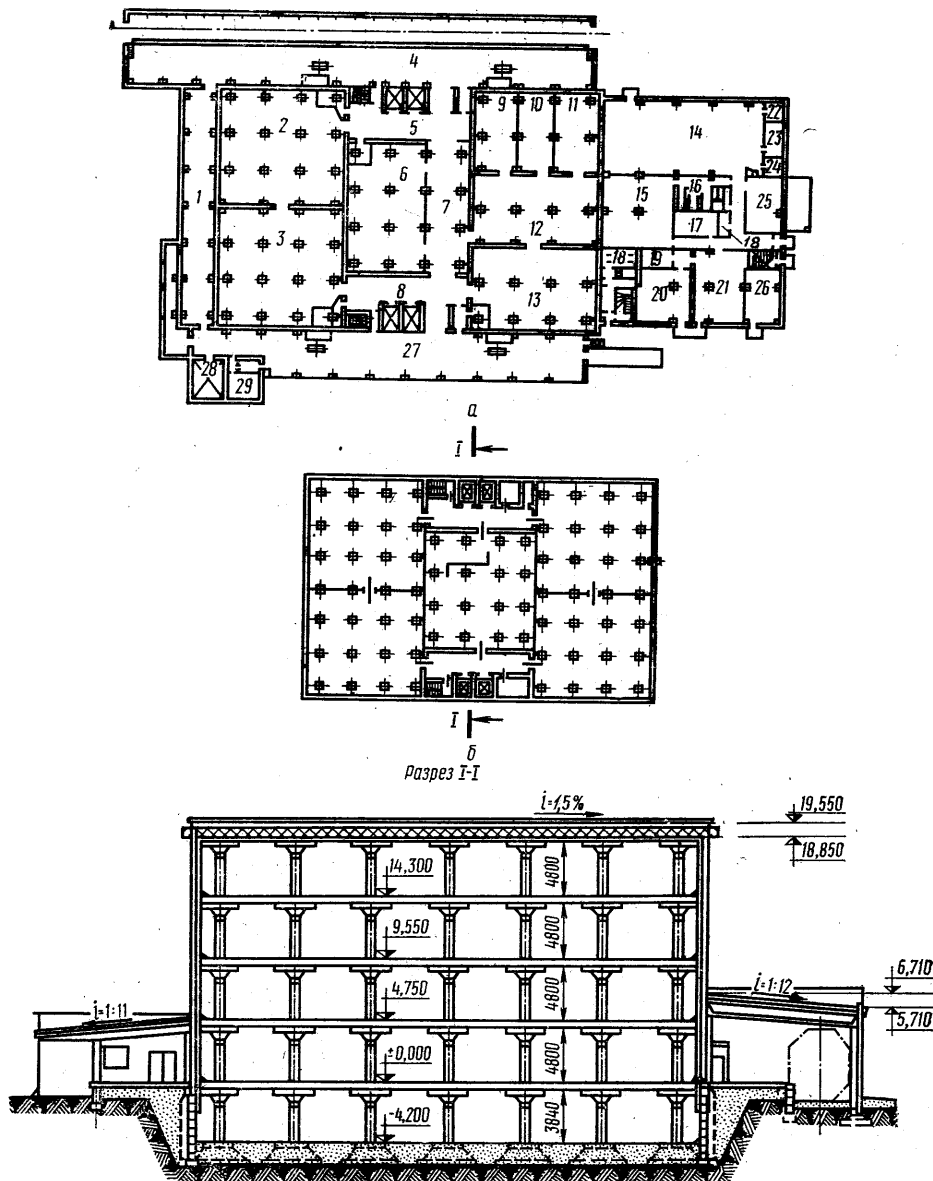


Рис. I—4. Многоэтажный распределительный холодильный емкостью 10 000 т:

а—план 1-го этажа; б—план 2-4-го этажей и подвала; в—разрез: 1—соединительный коридор; 2, 3—универсальные камеры; 4—железнодорожная платформа; 5, 8—вестибюли; 6—камера хранения охлажденного мяса; 7—коридор; 9—11—камеры замораживания; 12—накопитель-разгрузочная камера; 13—камера хранения охлажденного мяса; 14—машинное отделение; 15—материальный склад; 16—гардероб; 17—тепловой пункт; 18—кладовая; 19—электролитное отделение; 20—зарядная станция; 21—профилакторий и стойка электропогрузчиков; 22—лаборатория; 23—помещение КИПиА; 24—комната механика; 25—щитовое отделение; 26—механическая мастерская; 27—автомобильная платформа; 28—моечная инвентаря; 29—комната кладовщиков.

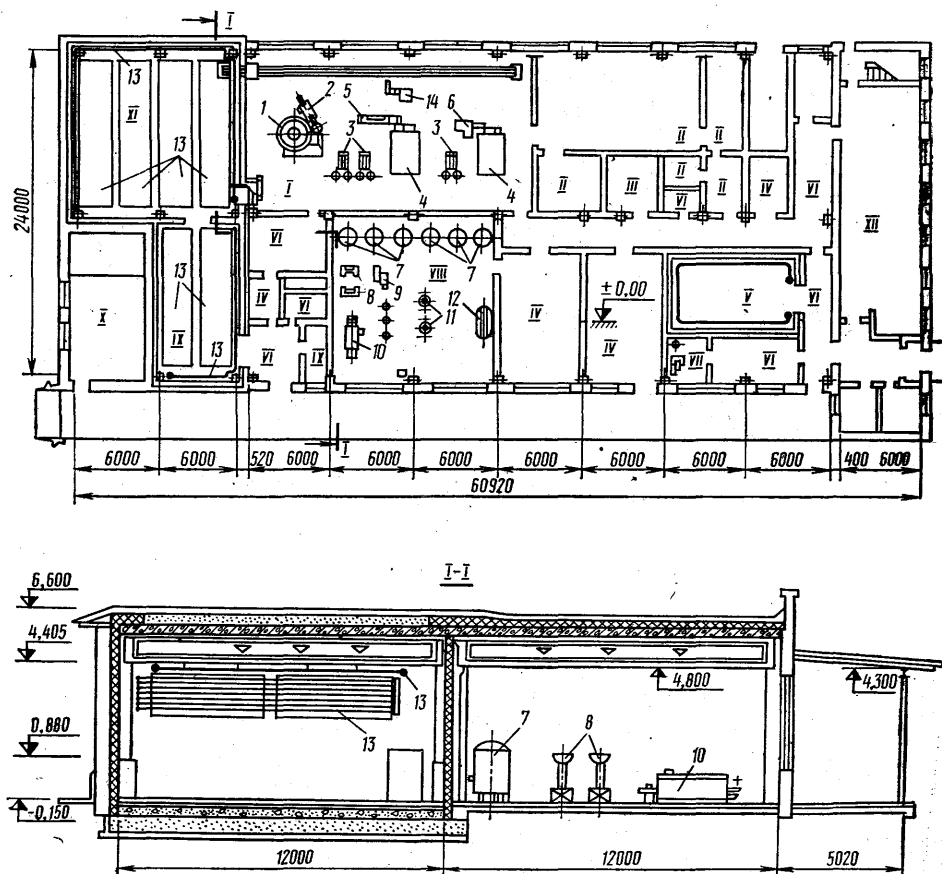


Рис. I—5. Одноэтажная фабрика мороженого производительностью 3 т в смену:

I—фризиро-фасовочное отделение; II—отделение для изготовления вафель; III—помещение щитов автоматики; IV—неохлаждаемые складские помещения; V—охлаждаемый склад сырья ($t=-0^{\circ}\text{C}$); VI—вспомогательные помещения; VII—приемное отделение молока; VIII—технологическое аппаратное отделение; IX—экспедиционные помещения; X—аппаратное отделение холодильной установки; XI—камера дозакаливания и хранения мороженого ($t=-30^{\circ}\text{C}$); XII—административно-бытовые помещения; I—эскимогенератор карусельного типа; 2—заверточная машина; 3—фризер; 4—скороморозильный аппарат; 5—автомат для расфасовки мороженого в вафельные стаканчики; 6—автомат расфасовочно-упаковочный; 7—резервуар для хранения молока и смеси; 8—охладитель; 9—гомогенизатор; 10—пастеризатор; 11—котлы варочные; 12—ванна для приготовления смеси; 13—батареи; 14—автомат заверточный.

зуются укрупненным измерителем, т. е. удельной нагрузкой 1,4—1,5 т/м². Площадь камер замораживания можно найти ориентировочно, приняв удельную производительность их (при конвейерных подвесных путях) в размере 200 кг/м² в сутки. Чтобы предварительно рассчитать необходимую площадь камер для охлаждения мяса, следует применить значение удельной производительности в размере 250 кг/м² в сутки. После разработки планировки холодильника уточняют характеристику ка-

мер на основании фактически запланированных площадей и действующих нормативов по определению емкостей и производительностей соответствующих камер.

Температурный режим холодильника проектируют следующий: для камер одностадийного охлаждения мяса — 3°C ; двухстадийного охлаждения — $10^{\circ}\div 15^{\circ}\text{C}$ и -1°C ; однофазного замораживания — -30°C ; хранения замороженных мясопродуктов — -20°C .

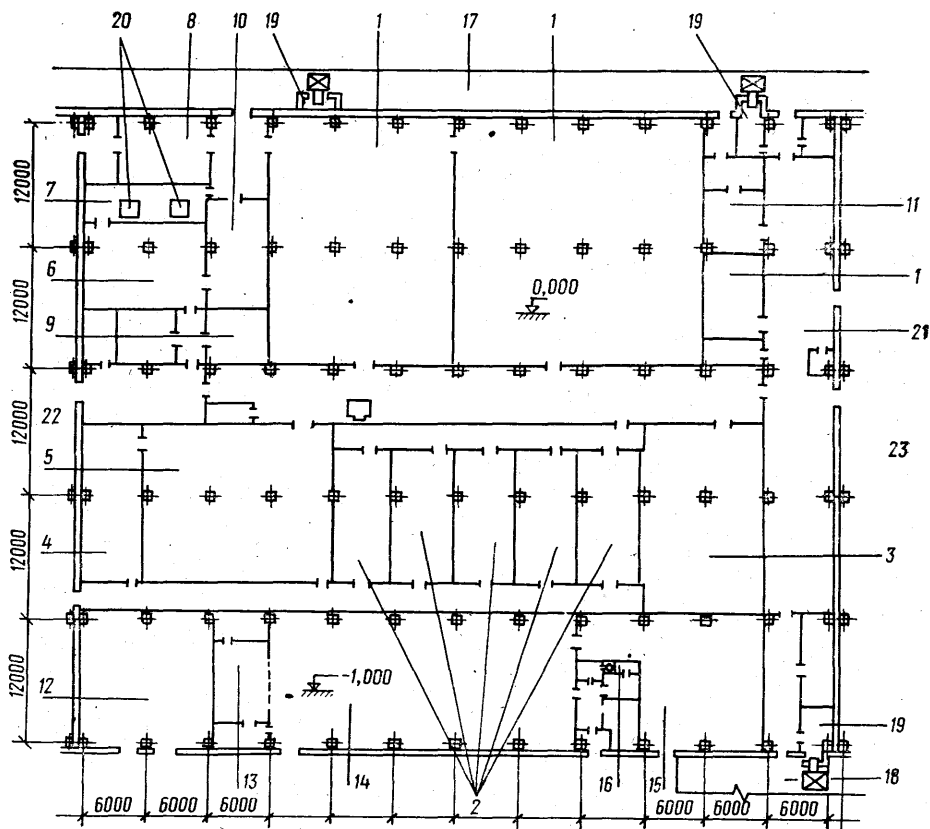


Рис. 1—6. Одноэтажный производственный холодильник емкостью 2000 т мясокомбината мощностью 50 т в смену:

1—камеры хранения мороженого мяса ($t = -20^{\circ}\text{C}$); 2—камеры однофазного замораживания мяса ($t = -30^{\circ}\text{C}$); 3—камера хранения охлажденного или мороженого мяса ($t = -1 \div -20^{\circ}\text{C}$); 4—камера сверхбыстрого охлаждения мяса ($t = -10^{\circ}\text{C}$); 5—накопительная и хранение охлажденного мяса ($t = -1^{\circ}\text{C}$); 6—отделение упаковки блоков и сыворотки; 7—отделение замораживания мяса; 8—камера хранения жира ($t = -20^{\circ}\text{C}$); 9—камера замораживания субпродуктов ($t = -30^{\circ}\text{C}$); 10—камера хранения замороженных субпродуктов ($t = -20^{\circ}\text{C}$); 11—камера подморозки некондиционных грузов ($t = -20^{\circ}\text{C}$); 12—трансформаторная подстанция; 13—помещение КИПиА; 14—компрессорное отделение; 15—аппаратное отделение; 16—подсобно-бытовые помещения; 17—железнодорожная платформа; 18—автомобильная платформа; 19—помещения для весовщиков; 20—скороморозильные роторные аппараты АРСА-10-2; 21—экспедиция; 22—мясо-жировой корпус; 23—мясоперерабатывающий корпус.

На рис. 1—6 приведена планировка одноэтажного холодильника типового мясокомбината мощностью 50 т мяса в смену. Холодильник решен в сборных железобетонных конструкциях с сеткой колонн 12×6 м. Размеры здания в плане 72×48 м. Высоту холодильных камер (6 м) в чистоте (до низа балки) полностью используют как в камерах хранения (для укладки груза), так и в камерах холодильной обработки с подвесными путями на отметке

3,35 м, над которыми размещают воздухоохладители и конструкции подвесных конвейеров.

Камеры хранения мороженого мяса расположены со стороны железнодорожной платформы холодильника, что обеспечивает короткий путь для погрузки мяса в рефрижераторные вагоны. При такой планировке возможно подавать мороженое мясо на платформу непосредственно из камер хранения. Устройство откатных дверей с механическим приводом и автома-

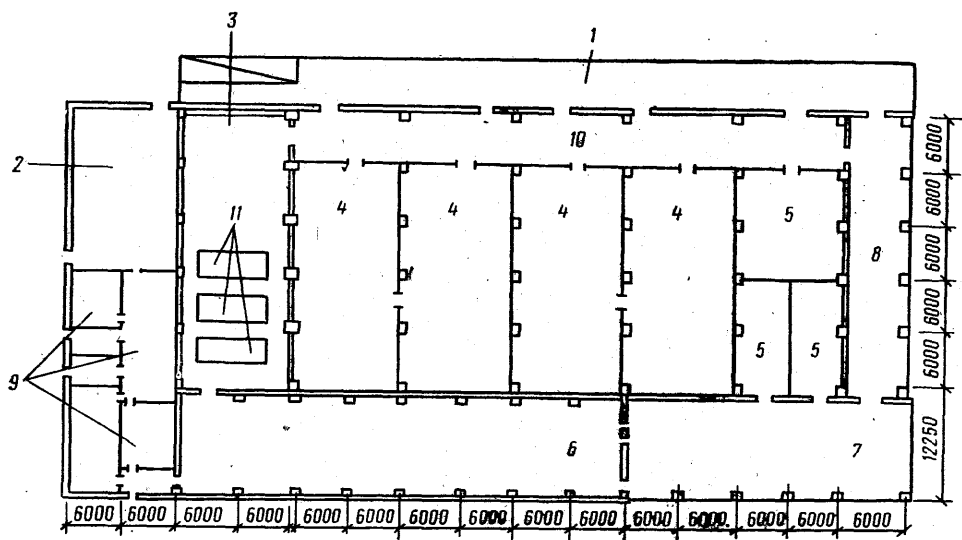


Рис. 1—7. Одноэтажный производственный холодильник емкостью 1300 т консервного завода:

1—железнодорожная платформа; 2—машинное отделение; 3—отделение для замораживания; 4—камеры хранения мороженных или охлажденных грузов ($t = -20 \div -0^\circ \text{C}$); 5—камеры хранения сырья ($t = 0^\circ \text{C}$); 6—подготовительное отделение; 7—сырьевая площадка; 8—соединительная платформа; 9—подсобно-бытовые помещения; 10—коридор; 11—скороморозильные аппараты ГКА-4-3.

тизированными воздушными завесами препятствуют поступлению теплого наружного воздуха из холодильных камер и способствуют стабилизации температурно-влажностного режима в них.

Наличие в холодильнике центрального коридора создает удобные условия для транспортировки охлажденных и мороженных мясopодуKтов как в камеры хранения, так и в мясopерерабатывающий корпус. Экспедиция холодильника связана с обеими грузовыми платформами и через коридор с любой камерой.

Компрессорный цех с трансформаторной подстанцией примыкает к холодильнику со стороны камер замораживания и камер охлаждения мяса, имеющих наибольшую тепловую нагрузку. При таком решении сокращается длина холодильных трубопроводов и снижается себестоимость производства холода. Кроме того, облегчается отвод талой воды при оттаивании воздухоохладителей этих камер, что имеет важное значение для их надежной эксплуатации.

Холодильники консервных заводов. При консервных заводах пищевой промышленности проектируют отдельно стоящие холодильники, предназначенные для замораживания плодов, ягод, овощей, готовых блюд и хранения этой продукции перед отправкой в центры потребления.

Типовой проект холодильника емкостью 1300 т приведен на рис. 1-7. Холодильник представляет собой одноэтажное здание, в котором размещены морозильное отделение с тремя скороморозильными аппаратами типа ГКА общей производительностью 40 т в сутки, четыре камеры хранения замороженной продукции емкостью по 300 т; три камеры хранения сырья. К холодильнику примыкает технологический цех для обработки сырья и подготовки его к замораживанию.

Температурный режим в холодильнике следующий: в скороморозильных аппаратах -30°C , в камерах хранения замороженной продукции -20°C , в камерах хранения сырья 0°C .

Со стороны отделения для замораживания расположены компрессорный цех с трансформаторной подстанцией и бытовые помещения. Конденсаторная установка размещена снаружи здания. Объемно-планировочное решение холодильника обеспечивает поточность процесса производства на всем пути от приемки сырья до выдачи готовой продукции, упакованной в коробки потребительской расфасовки и уложенной в ящики и контейнеры. Морозильное отделение удобно сообщено с камерами хранения готовой продукции посредством продольного коридора со стороны железнодорожной платформы. Коридор используют также в каче-

стве экспедиции для выдачи замороженных продуктов в рефрижераторные вагоны. Здание холодильника выполнено в сборных железобетонных конструкциях с сеткой колонн 12×6 м. Высота холодильных камер 6 м в чистоте. Над коридором-экспедицией предусмотрено антресольное помещение высотой 2,8 м, используемое для установки воздухоохладителей, обслуживающих камеры хранения. Доступ в антресольное помещение запроектирован посредством двух служебных лестниц, расположенных на концах железнодорожной платформы. Одноэтажное решение этого холодильника оказалось удобным в эксплуатации и позволило простыми средствами механизировать технологический процесс и грузовые операции в холодильнике.

Холодильники рыбной промышленности. Холодильники проектируют в рыбных портах и промышленных центрах. В рыбных портах их проектируют вместе с рыбообработывающими предприятиями, которые получают из холодильников сырье для производства консервов, полуфабрикатов, кулинарных изделий и пр. В камерах холодильника хранят часть готовой продукции.

Холодильники в рыбных портах, кроме обслуживания рыбообработывающих предприятий, принимают от рыбопромысловых или транспортных судов рыбу, добытую в различных районах Мирового океана и замороженную на судах.

При проектировании принимают во внимание, что за последние годы с развитием парка рефрижераторных поездов и увеличением емкости трюмов транспортных судов сокращается объем перевалочных функций на холодильниках рыбных портов и увеличивается поток рыбных грузов непосредственно из судов в вагоны, минуя холодильник. В результате этого снижается тепловая нагрузка на холодильную установку.

На холодильниках рыбных портов обычно не замораживают рыбу, а в основном только хранят мороженую для обеспечения круглогодичной загрузки сырьем рыбообработывающих заводов. Поэтому при их проектировании камеры замораживания не предусматривают.

Объемно-планировочные решения холодильников рыбных портов подчиняют компоновке рыбообработывающих заводов, которые ввиду ограниченности территории портов проектируют обычно в многоэтажных зданиях. Это позволяет органически сблокировать завод и холодильник с устройством между ними поэтажных вестибюлей, связанных с общими лифтами и лестничными клетками.

Для загрузки камер хранения мороженой рыбой, доставляемой судами, в проектах предусматривают поэтажные грузовые балконы, на

которые рыбу можно подавать порталными кранами непосредственно из трюмов судов. Рыбу с этих балконов в холодильные камеры транспортируют электропогрузчиками, используемыми также и для укладки грузов в штабеля.

Проектное решение производственного холодильника емкостью 5000 т в рыбном порту в бухте Камышовая представлено на рис. 1—8. Холодильник имеет пять наземных этажей. На 2, 3, 4 и 5-м этажах расположены по две камеры хранения мороженой рыбы емкостью 625 т каждая.

Первый этаж используют под экспедиции и камеры краткосрочного хранения продуктов, предназначенных для снабжения провиантом плавсостава рыбопромысловых и транспортных судов. Железобетонная этажерка холодильника запроектирована из сборных конструкций, наружные стены — из сборных железобетонных панелей с теплоизоляцией. Сетка колонн принята 6×6 м. К торцовой стене холодильника примыкает одноэтажное здание машинного отделения с ледозаводом, трансформаторной подстанцией, насосной, подсобными и бытовыми помещениями. Длина этой пристройки 36 м, ширина 18 м.

Холодильник вместе с рыбообработывающим заводом располагают вдоль причальной линии бухты, возле которой швартуются промысловые и транспортные суда. С тыловой стороны холодильника предусмотрена открытая платформа, с которой можно загружать авторефрижераторный транспорт. В камерах хранения запроектировано поддержание температуры -25°C .

Производственные рыбные холодильники, проектируемые для строительства в промышленных центрах, не выполняют перевалочных функций. Они хранят мороженое и соленое рыбосырье для блокируемых с ними рыбоперерабатывающих предприятий, выпускающих полный ассортимент продукции, включая рыботоры холодного и горячего копчения, балычные и кулинарные изделия, соленую рыбу, сельдь пряного посола, маринадные изделия, пресервы, филе в мелкой расфасовке и пр.

Эти холодильники обычно проектируют как и портовые в виде многоэтажных зданий, при этом планировка их аналогична принятой для бухты Камышовой. Если позволяют местные условия, холодильники проектируют одноэтажными с параллельными платформами для железнодорожного и автомобильного транспорта, продольными вестибюлями или поперечными коридорами. Планировка холодильников и в этом случае должна быть тесно увязана с компоновкой рыбообработывающих предприятий.

Холодильники предприятий молочной промышленности. Производственные холодильники

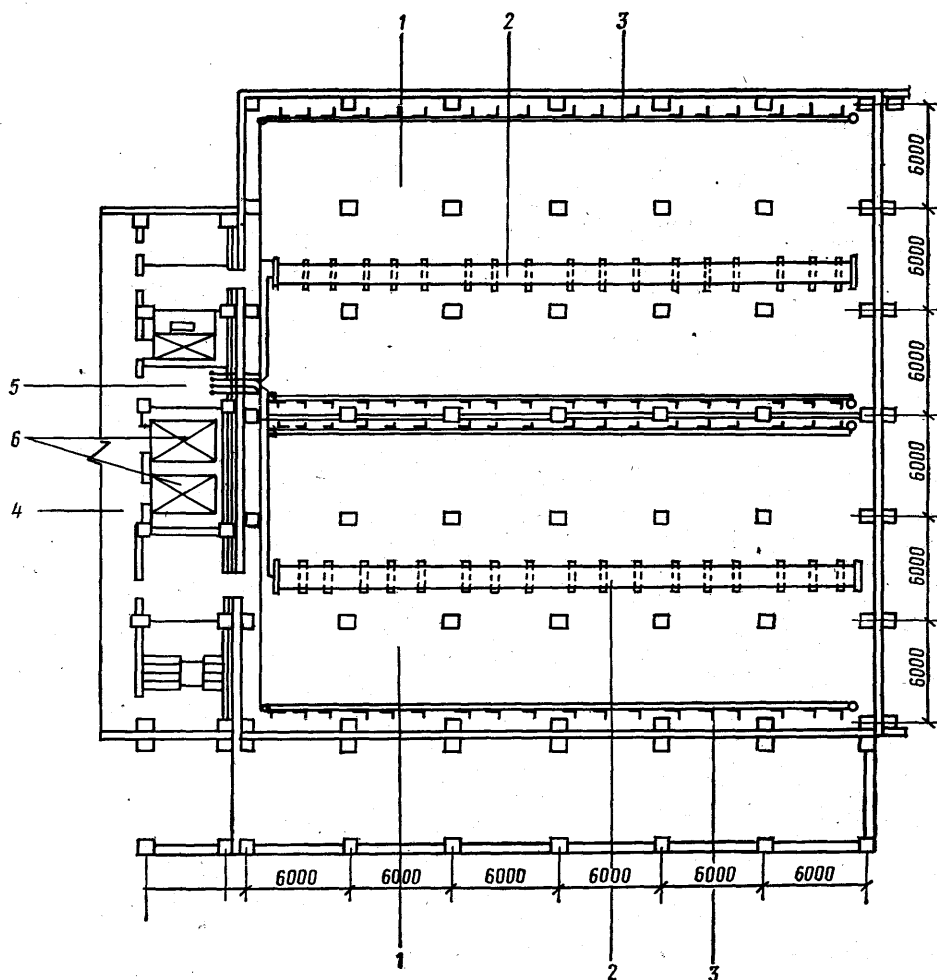


Рис. 1—8. Портовый холодильник рыбной промышленности емкостью 6000 т в бухте Камышовая (план 2—5-го этажей):

1—камеры хранения мороженой рыбы ($t = -25^{\circ}\text{C}$); 2—потолочные батареи непосредственного охлаждения; 3—прстенные батареи непосредственного охлаждения; 4—вестибюль; 5—шахта трубопроводов; 6—грузовые лифты.

предприятий молочной промышленности предусматривают при городских молочных заводах и маслосырбазах.

При проектировании молочный завод и холодильник блокируют в общем здании производственного корпуса, в котором размещают также машинное отделение центральной холодильной установки. В состав молочного завода входит цех мороженого, холодильные камеры которого расположены в общем контуре холо-

дильника. Цех мороженого располагают рядом с машинным отделением, что позволяет экономично обеспечивать холодом низкотемпературные объекты.

Холодильник при городском молочном заводе предназначен для хранения творога и сливок, вырабатываемых на заводе и поступающих с периферийных предприятий.

Емкость холодильника принимают в размере 10—15-сменной мощности завода по переработ-

ке молока, причем 70—80% емкости отводят для хранения творога, 30—20% — для замороженных сливок. Объемно-планировочным решением производственного корпуса городского молочного завода предусматривается одноэтажная компоновка холодильника с центральным коридором. Сетка колонн 6×12 м, благодаря чему все холодильные камеры не имеют внутренних колонн. Это повышает эффективность использования площади камер и создает удобства для механизации грузовых работ. Высота камер 4,8—6,0 м в чистоте.

В проектах для холодильников предусматривают сборные железобетонные унифицированные конструкции покрытия и поддерживающих его колонн. К холодильнику примыкают обычно машинное отделение и производственные помещения городского молочного завода, откуда поступает в камеры хранения готовая продукция. Из холодильных камер можно подавать на производство сырье (творог и сливки). Вдоль холодильника располагают автоплатформу для выдачи через экспедицию продукции на автотранспорт или для приемки сырья. Холодильники городских молочных заводов, как правило, не имеют железнодорожной платформы.

В камерах хранения холодильника проектируют обычно один температурный режим -20°C , обеспечивающий высококачественное хранение замороженных творога и сливок.

Для замораживания выпускаемого заводом творога используют скороморозильные аппараты, устанавливаемые в творожном цехе. Замораживание сливок предусматривается в камере замораживания температурой -30°C . В зависимости от мощности завода проектируют одну или две камеры замораживания, в которые загружают продукт через накопительную камеру с температурой 0°C .

Особенности технологических процессов в городских молочных заводах и компоновки производственных помещений не всегда позволяют проектировать четкий контур холодильника. В него обычно не входит общая холодильная камера, связанная с цехом розлива, а также другие охлаждаемые помещения. Легче удастся разместить в контуре холодильника камеры для закаливания и хранения мороженого с температурой -25°C , что дает определенные преимущества в эксплуатации.

На рис. 1—9 представлен производственный холодильник типового городского молочного завода мощностью 150 т перерабатываемого молока в смену. Емкость холодильника 2000 т, в том числе 1600 т хранения творога и 400 т замороженных сливок. Холодильник одноэтажный, размеры его в плане 60×48 м, высота камер 4,8 м до низа балки.

Холодильник запроектирован в общем производственном корпусе завода и состоит из пяти камер для хранения творога, одной камеры для хранения замороженных сливок, двух камер для замораживания творога и сливок и накопительной камеры перед ними.

Все камеры для хранения молочных продуктов имеют выход в центральный коридор, из которого грузы через экспедицию выдаются на автоплатформу шириной 6 м. Длина платформы соответствует почти полной длине производственного корпуса, из которого вся продукция завода поступает на автотранспорт.

Запроектированы следующие температурные режимы: для камер хранения -20°C , замораживания -30°C , накопительной камеры 0°C .

В контуре холодильника размещены камеры для закаливания и хранения мороженого температурой -23°C и контейнерная -10°C .

Машинное отделение площадью около 1000 м² примыкает к зданию холодильника и цеху мороженого. Такое решение следует считать удачным, так как оно позволяет эффективно обеспечивать холодом низкотемпературные объекты. Размещение в контуре холодильника вспомогательных отапливаемых помещений (санузлы, весовые отделения, комнаты персонала и пр.) является неудачным.

Производственный холодильник маслосырбазы предназначен для созревания сыра, поступающего с сырозаводов, а также для расфасовки его и отправки на реализацию. Кроме того, холодильник принимает масло, доставляемое с маслозаводов, хранит его и отгружает в потребляющие центры. К холодильнику примыкают машинное отделение холодильной установки, вспомогательные и конторские помещения. Холодильник имеет открытые параллельные автомобильную и железнодорожную платформы, которые связаны с центральным коридором; все камеры также сообщаются с коридором.

Здание холодильника одноэтажное из сборных железобетонных конструкций с сеткой колонн 6×12 м. Высота камер 4,8—6,0 м. При ширине камер 12 м имеется возможность избежать наличия в них колонн.

В здании холодильника размещают отделения для обработки и фасовки сыра. При проектировании в камерах созревания сыра предусматривают поддержание температуры 10°C , в камерах хранения масла -12°C .

Планировка одноэтажного холодильника маслосырбазы емкостью 1000 т приведена на рис. 1—10. Холодильник предназначен для созревания советского и голландского сыра. Общая емкость шести камер созревания 1000 т. Кроме того, имеется одна камера для хранения сливочного масла емкостью 175 т. Все камеры имеют высоту 4,8 м в чистоте (под балкой).

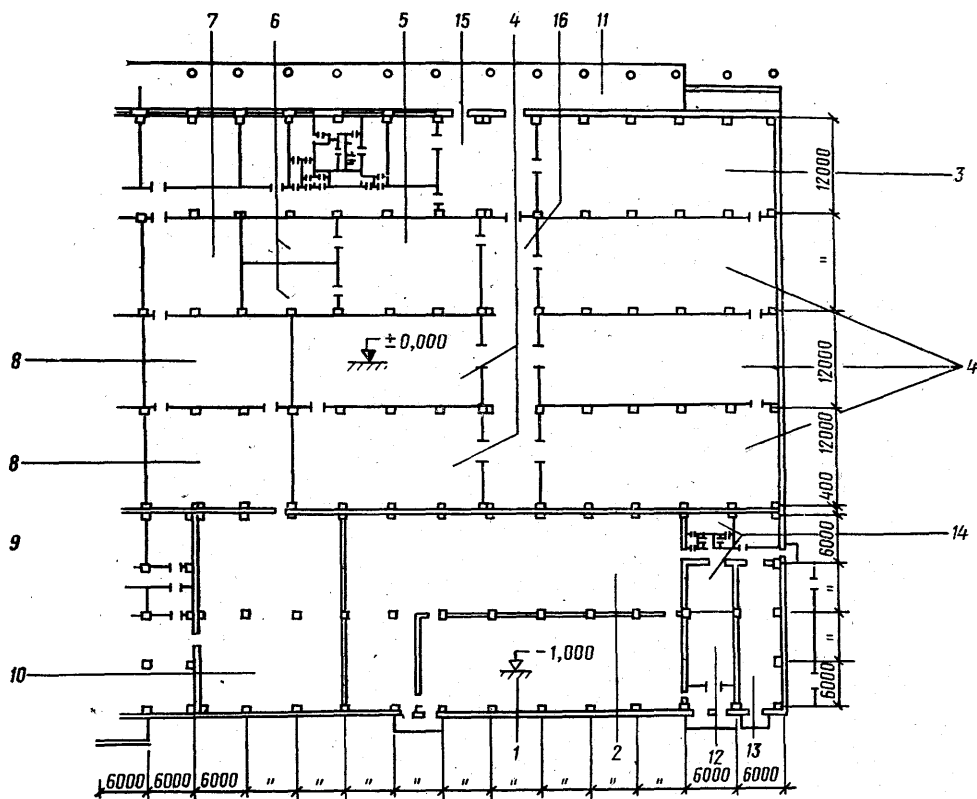


Рис. 1—9. Одноэтажный производственный холодильник емкостью 2000 т городского молочно-го завода мощностью 150 т в смену:

1—компрессорный зал; 2—аппаратная; 3—камера хранения сливок ($t = -20^\circ \text{C}$); 4—камеры хранения творога ($t = -20^\circ \text{C}$); 5—камера предварительного охлаждения творога и сливок ($t = 0^\circ \text{C}$); 6—камеры замораживания ($t = -30^\circ \text{C}$); 7—контейнерная ($t = -10^\circ \text{C}$); 8—закалочные камеры для мороженого ($t = -30^\circ \text{C}$); 9—молочный завод; 10—аппаратная цеха мороженого; 11—автомобильная платформа; 12—электрощитовая; 13—трансформаторная подстанция; 14—подсобно-бытовые помещения; 15—экспедиция; 16—коридор.

Сетка колонн 6×12 м. Размеры холодильника в плане 72×48 м. В камерах созревания сыр укладывают на пятиполочные контейнеры, масло — на поддоны. В контуре холодильника предусмотрено помещение для обработки сыра на конвейерных столах и цех фасовки сыра мощностью 3,0 т в смену. Центральный коридор холодильника имеет выходы на автомобильную и железнодорожную платформы шириной по 6 м. К одной из торцевых сторон холодильника примыкают машинное отделение, вспомогательные службы, другие помещения. В камерах созревания сыра поддерживается температура $10-14^\circ \text{C}$, относительная влажность 81—88%. Для этих условий предусмотрено кондиционирование воздуха.

Определение тепловых нагрузок на холодильное оборудование

Тепловые нагрузки определяют для двух расчетных периодов — летнего и осеннего. Для осеннего периода учитывают, что камеры с универсальным температурным режимом используют для хранения мороженных грузов.

Общее количество тепла, поступающего в охлаждаемые помещения холодильников, Q (в Вт) рассчитывают отдельно для каждого помещения:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (\text{I-3})$$

где Q_1 — приток тепла через ограждающие конструкции помещения, Вт;

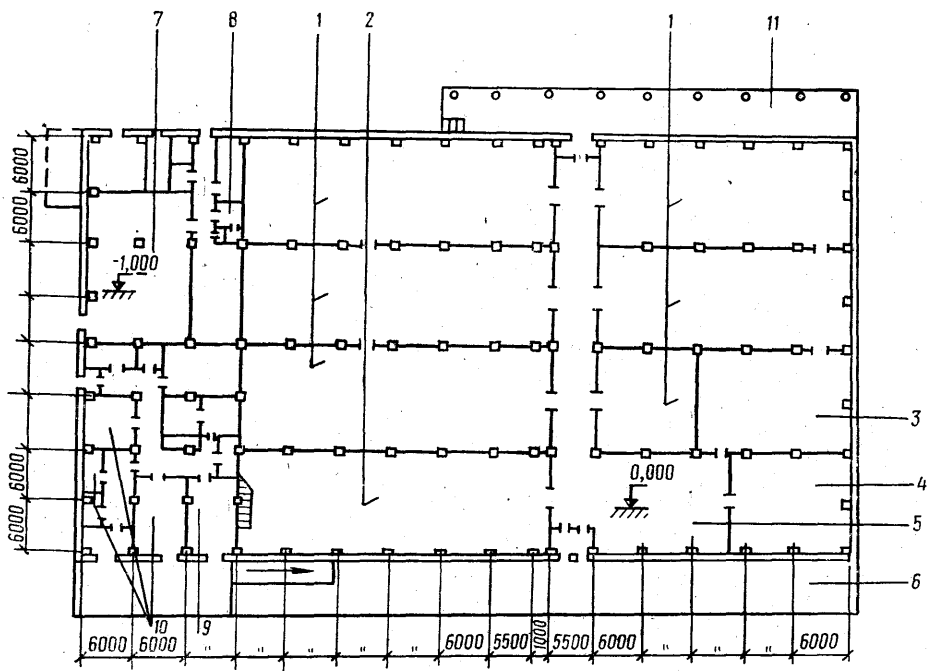


Рис. 1—10. Одноэтажный производственный холодильник маслосырбазы емкостью 1000 т:

1—камеры созревания сыра при $t=10-14^{\circ}\text{C}$, ф 81—88%; 2—помещение для обработки сыра; 3—камера хранения масла ($t=-12^{\circ}\text{C}$); 4—помещение для упаковки сыра; 5—помещение приема и отгрузки сыра и масла; 6—автоплатформа; 7—машинное отделение; 8—жизненно-бытовые помещения; 9—помещение для тары; 10—зарядная станция; 11—железнодорожная платформа.

- Q_2 — приток тепла от продуктов при их холодильной обработке, Вт;
 Q_3 — приток тепла от вентиляции, Вт;
 Q_4 — приток тепла, связанный с эксплуатацией камеры, Вт;
 Q_5 — приток тепла, выделяемого продуктами при дыхании, Вт.

Приток тепла через ограждающие конструкции. Q_1 (в Вт) определяют как сумму теплопритоков:

$$Q_1 = Q_1' + Q_1'' + Q_1''' + Q_1^{IV}, \quad (\text{I-4})$$

где Q_1' — приток тепла через стены, перегородки, перекрытия или покрытия, Вт;

Q_1'' — приток тепла через полы, Вт;

Q_1''' — приток тепла через заглубленные неизолированные стены подвальных помещений, Вт;

Q_1^{IV} — приток тепла от солнечной радиации, Вт.

Приток тепла через стены, перегородки, перекрытия или покрытия. Величину Q_1' определяют по формуле:

$$Q_1' = k_d F (t_n - t_{вн}), \quad (\text{I-5})$$

где k_d — действительный коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²·К);

F — поверхность ограждений, м²;

t_n — расчетная температура наружного воздуха, °С;

$t_{вн}$ — температура воздуха внутри охлаждаемого помещения, °С (Справочник «Эксплуатация холодильника», глава «Технологическая эксплуатация холодильников»).

Величину t_n рассчитывают по формуле:

$$t_n = 0,4t_{ср} + 0,6t_{макс}, \quad (\text{I-6})$$

где $t_{ср}$ и $t_{макс}$ — соответственно средняя и максимальная температуры воздуха самого жаркого месяца (см. табл. 1, главы СНиП II-A 6—72).

При определении поверхности ограждений принимают:

площади полов и потолков — между осями внутренних стен или от внутренней поверхности наружных стен до оси внутренних;

длины наружных стен: для неугловых помещений — между осями внутренних стен; для угловых помещений — от наружной поверхности наружных стен до оси внутренних;

длины внутренних стен — между внутренней поверхностью наружных стен и осью внутренних или осями внутренних стен;

высоты стен: в первых этажах, имеющих полы, расположенные непосредственно на грунте, — от уровня чистого пола до чистого пола вышележащего этажа; в первых этажах над неохлаждаемыми подвалами или подпольями — от уровня потолка подвала до уровня чистого пола вышележащего этажа; в промежуточных этажах — от уровня чистого пола данного этажа до уровня чистого пола вышележащего этажа; в верхних этажах и для одноэтажных холодильников — от уровня чистого пола этажа до верха засыпки (изоляции) покрытий.

Расчетные разности температур ($t_n - t_{вн}$) для внутренних ограждений принимают (в % от расчетной разности температур) для наружных стен и перегородок, отделяющих охлаждаемые помещения от неохлаждаемых, сообщающихся с наружным воздухом (тамбуры, вестибюли и пр.) — 70%, от неохлаждаемых, не сообщающихся с наружным воздухом — 60%; для полов охлаждаемых помещений, расположенных над неохлаждаемыми подвалами, не имеющими окон, — 50%, над подвалами с окнами — 60%.

Приток тепла через полы. Величина Q_1'' для полов неизолированных, расположенных непосредственно на грунте:

$$Q_1'' = \sum k_{усл} F (t_n - t_{вн}), \quad (I-7)$$

где $k_{усл}$ — условный коэффициент теплопередачи соответствующей зоны пола, Вт/(м²·К);

F — площадь соответствующей зоны пола, м².

Для зон, расположенных от наружных стен на расстоянии до 2 м, $k_{усл}$ принимают 0,4, от 2 до 4 м — 0,2, от 4 до 6 м — 0,1.

Площадь пола первой двухметровой зоны, примыкающей к углу наружных стен, измеряют дважды, т. е. по направлениям обеих наружных стен, составляющих угол. Приток тепла через полы изолированные, расположенные непосредственно на грунте, определяют по формуле:

$$Q_1'' = \sum k_{усл} F (t_n - t_{вн}) m, \quad (I-8)$$

где m — коэффициент, учитывающий относительное возрастание термического

сопротивления пола при наличии изоляции:

$$m = \frac{1}{1 + 1,25 \left[\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right]}, \quad (I-9)$$

где $\delta_1 \dots \delta_n$ — толщина отдельных слоев конструкции пола, м;

$\lambda_1 \dots \lambda_n$ — теплопроводность отдельных слоев конструкции пола (Вт/(м·К)).

Для полов, изолированных при обогреве грунта,

$$Q_1'' = k_d F (t_{ср} - t_{вн}), \quad (I-10)$$

где $t_{ср} = 1^\circ$ — средняя температура грунта при наличии обогрева.

Приток тепла через заглубленные неизолированные стены подвальных помещений. Величину Q_1''' определяют по уравнению:

$$Q_1''' = \sum k_{усл} F (t_n - t_{вн}), \quad (I-11)$$

где значения $k_{усл}$ принимают те же, что и для неизолированных полов, а соответствующие зоны отсчитывают от поверхности земли вниз. Полы подвалов учитывают как продолжение подземной части наружных стен.

Приток тепла от солнечной радиации. Значение Q_1'''' рассчитывают по формуле

$$Q_1'''' = k_d F \theta_c, \quad (I-12)$$

где k_d — действительный коэффициент теплопередачи соответствующих ограждающих конструкций (кровля, стена), Вт/(м²·К);

F — поверхность конструкций, облучаемая солнцем, м²;

θ_c — избыточный температурный напор, характеризующий действие солнечной радиации для летнего периода, °С (принимают по табл. I-2).

Приток тепла от продуктов при их холодильной обработке. Его определяют, исходя из температур охлаждаемых помещений и суточного поступления продуктов, принимаемого для распределительных холодильников равным 8% от емкости для камер хранения емкостью до 200 т включительно и 6% — для камер емкостью более 200 т, как сумму теплопритоков:

$$Q_2 = Q_2' + Q_2'' + Q_2''', \quad (I-13)$$

где Q_2' — при охлаждении продуктов, Вт;

Q_2'' — при домораживании продуктов, Вт;

Q_2''' — при замораживании продуктов, Вт.

Таблица I—2

Значения избыточного температурного напора

Поверхность	Величина θ_c (в °C) при ориентировке поверхности по странам света						
	Ю	ЮВ	ЮЗ	В—З	СВ—СЗ	С	
	для географических широт						
	40°	50°	60°	40—60°	40—60°	40—60°	40—60°
Стены							
бетонная	5,9	8,0	9,8	8,8—10,0	9,8—11,7	5,1—5,6	0
кирпичная	6,6	9,1	11,0	9,9—11,3	11,0—13,2	5,8—6,3	0
побеленная известью или оштукатуренная светлой штукатуркой	3,6	4,9	6,0	5,4—6,1	6,0—7,2	3,2—3,5	0
покрытая штукатуркой с окраской темных тонов	5,1	7,1	8,5	7,7—8,8	8,5—10,2	4,5—4,9	0
облицованная белыми глазурованными плитами	2,3	3,2	3,9	3,5—4,0	3,9—4,7	2,0—2,2	0
Плоские кровли							
без окраски (темные)	—	—	17,7	—	—	—	—
с окраской светлых тонов	—	—	14,9	—	—	—	—
шатровые	15	10	5	—	—	—	—

Приток тепла при охлаждении и домораживании продуктов в камерах хранения. Величину $Q_2^{(*)}$ определяют по формуле

$$Q_2^{(*)} = \frac{E 1000 A 1000}{3600 \cdot 24 \cdot 100} \Delta i = 0,116 E A \Delta i, \quad (I-14)$$

где E — емкость камеры, т;
 A — суточное поступление продуктов, % от E ;

Δi — разность энтальпий, соответствующих начальной и конечной температурам продуктов, кДж/кг.

Значения начальных и конечных температур продуктов приведены в справочнике «Эксплуатация холодильников» (глава IV).

Значения энтальпий пищевых продуктов при различных температурах приведены в табл. I—3.

При проектировании холодильников для хранения плодов принимают суточное поступление при загрузке камер на длительное хранение — 10% от емкости камеры; температуру плодов, поступающих в неохлаждаемых вагонах или автомашинах, равной температуре наружного воздуха; температуру плодов, поступающих в рефрижераторах (8°С); массу деревянных стандартных ящиков по ГОСТ 13359—67 для фруктов, равной 20% от массы фруктов.

Приток тепла при замораживании продуктов в камерах замораживания. Величину Q_2^{**} определяют по формуле

$$Q_2^{**} = \frac{G 1000}{z 3,6} \Delta i, \quad (I-15)$$

где G — емкость камер замораживания, т;
 z — длительность цикла замораживания, ч;

Δi — разность энтальпий продукта до и после замораживания, кДж/кг.

Приток тепла от вентиляции. Величину Q_3 учитывают только для холодильников и холодильных камер хранения плодов и овощей

$$Q_3 = \frac{G_v (i_n - i_{вн})}{3,6}, \quad (I-16)$$

где G_v — количество вентиляционного воздуха, кг/ч;

i_n — энтальпия наружного воздуха, кДж/кг;

$i_{вн}$ — энтальпия воздуха в камере, кДж/кг.

Количество вентиляционного воздуха принимают, исходя из необходимости обеспечения оптимальной кратности воздухообмена до 3—4 в сутки.

Энтальпия пищевых продуктов при

Температура продукта, °С	Мясо го-вяжье, птица всех видов	Баранина	Свинина мясная	Субпродукты мясные	Мясо го-вяжье бес-костное, эн-докринное сырье	Рыба тощих пород	Рыба жирных пород	Рыбное филе	Яйцо в скорлупе
-25	-10,9	-10,9	-10,5	-11,7	-11,3	-12,2	-12,2	-12,6	-8,8
-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-19	2,1	2,1	2,1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,1
-18	4,6	4,6	4,6	5,0	5,0	5,0	5,0	5,4	4,2
-17	7,1	7,1	7,1	8,0	8,0	8,0	8,0	8,4	6,3
-16	10,0	9,6	9,6	10,9	10,5	10,9	10,9	11,3	8,4
-15	13,0	12,6	12,2	13,8	13,4	14,2	14,2	14,7	10,5
-14	15,9	15,5	15,1	17,2	16,8	17,6	17,2	18,0	12,6
-13	18,9	18,4	18,0	20,5	20,1	21,0	20,5	21,8	15,1
-12	22,2	21,8	21,4	24,3	23,5	24,7	24,3	25,6	17,6
-11	26,0	25,6	25,1	28,5	27,2	28,9	28,1	29,7	20,1
-10	30,2	29,7	28,9	33,1	31,4	33,5	32,7	34,8	22,6
-9	34,8	33,9	33,1	38,1	36,0	38,5	37,3	40,2	25,6
-8	39,4	38,5	37,3	43,2	41,1	43,6	42,3	45,7	28,5
-7	44,4	43,6	41,9	48,6	46,1	49,4	47,8	51,5	31,8
-6	50,7	49,4	47,3	55,3	52,4	56,6	54,5	58,7	36,0
-5	57,4	55,7	54,5	62,9	59,9	74,2	61,6	67,0	41,5
-4	66,2	64,5	62,0	72,9	69,1	80,9	71,2	77,5	47,8
-3	75,4	77,1	73,7	88,0	83,0	89,2	85,5	93,9	227,9*
-2	98,9	96,0	91,8	109,8	103,5	111,9	106,4	117,7	57,8
-1	186,0	179,8	170,1	204,5	194,4	212,4	199,9	225,0	230,9*
0	232,5	224,2	212,0	261,5	243,0	266,0	249,3	282,0	75,8
1	235,9	227,5	214,9	264,8	246,4	269,8	253,1	285,8	234,2*
2	238,8	230,5	217,9	268,6	249,7	273,2	256,4	289,1	128,6
3	242,2	233,8	221,2	271,9	253,1	277,0	259,8	292,9	237,6
4	245,5	236,7	224,2	275,3	256,4	280,3	263,1	296,7	240,5
5	248,5	240,1	227,1	279,1	259,8	283,7	266,5	300,4	243,9
6	251,8	243,0	230,0	282,4	263,1	287,4	269,8	303,8	246,8
7	255,2	246,4	233,4	285,8	266,5	290,8	273,2	307,5	250,1
8	258,5	249,3	236,3	289,5	269,4	295,4	277,0	311,3	253,1
9	261,5	252,6	239,2	292,9	272,8	297,9	280,3	315,1	256,4
10	264,8	255,6	242,2	296,2	276,1	301,3	283,7	318,4	259,4
11	268,2	258,9	245,5	300,0	279,5	305,0	287,0	322,2	262,7
12	271,1	261,9	248,5	303,4	282,8	308,4	290,4	326,0	265,6
13	274,4	265,2	251,4	306,7	286,2	312,2	293,7	329,3	269,0
14	277,8	268,2	254,3	310,5	289,5	315,5	297,1	333,1	271,9
15	280,7	271,5	257,3	313,8	292,9	318,9	300,8	336,9	275,3
16	284,1	274,4	260,6	317,2	296,2	322,6	304,2	340,6	278,6
17	287,4	277,8	263,6	321,0	299,6	326,0	307,5	344,0	281,6
18	290,4	280,7	266,5	324,3	302,9	329,8	310,9	347,8	284,9
19	293,7	284,1	260,4	327,7	306,3	333,1	314,3	351,5	287,9
20	297,1	287,0	272,8	331,4	309,6	336,5	317,6	355,3	291,2
21	300,0	290,4	275,7	334,8	313	340,2	321,4	358,7	294,1
22	303,4	293,3	278,6	338,1	315,9	343,6	324,7	362,4	297,5
23	306,7	296,7	281,6	341,9	319,3	346,9	328,1	366,2	300,4
24	310,1	299,6	284,9	345,3	322,6	350,7	331,4	369,6	303,8
25	313,0	302,9	287,9	349,0	326,0	354,1	334,8	373,3	307,1
									310,1
									313,4
									316,3

* В числителе указана энтальпия охлажденного яйца в скорлупе, в знаменателе — замерзшего.

Таблица I-3

различных температурах, кДж/кг

Яич- ный желток	Молоко цельное	Масло сливочное	Масло коровье топленое	Мороже- ное сливочное	Мороже- ное молочное	Виноград, абрикосы, вишня	Фрукты и ягоды (другие виды)	Фрукты и ягоды в сахарном сиропе	Ягоды с сахаром
-9,6	-12,6	-9,2	-8,8	-16,3	-14,7	-17,2	-14,2	-17,6	-22,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,1	2,9	1,7	1,7	3,4	2,9	3,8	3,4	3,8	5,0
4,6	5,4	3,8	3,4	7,1	6,3	7,5	6,7	8,0	10,0
6,7	8,4	5,9	5,0	11,3	9,6	11,7	10,0	12,0	15,5
8,8	11,3	8,0	7,1	15,5	13,4	15,9	13,4	16,8	21,0
11,3	14,2	10,1	9,2	19,7	17,6	20,5	17,2	21,4	26,8
13,8	17,6	12,6	11,3	24,3	22,2	25,6	21	26,4	33,1
15,9	21,4	15,1	13,4	29,3	27,2	31,0	25,1	31,4	39,8
18,4	25,1	17,6	15,9	34,8	33,1	36,5	29,7	36,9	46,9
21,4	28,9	20,5	18,0	40,6	39,8	42,7	34,4	43,2	54,9
24,3	32,7	23,5	20,5	46,9	47,3	49,9	39,4	49,4	63,7
23,5	37,3	26,4	23,5	54,1	55,7	57,8	44,8	56,6	73,7
31,0	42,3	29,3	26,0	62,4	65,4	66,6	51,1	64,9	85,9
34,4	48,2	32,7	28,5	72,9	77,1	78,8	58,7	75,8	101,0
39,0	54,9	36,5	31,4	86,7	92,2	93,9	68,7	89,7	120,3
44,8	62,9	40,6	34,4	105,6	111,9	116,1	82,1	108,1	147,5
52,0	73,7	44,8	36,9	132,0	138,7	150	104,3	135,3	169,7
63,3	88,8	50,7	39,8	178,9	181,4	202,8	139,1	180,6	173,5
83,4	111,5	60,3	43,2	221,2	230,0	229,2	211,2	240,1	176,4
142,0	184,4	91,8	49,0	224,6	233,4	233,0	268,2	243,9	179,8
264,4	319,3	95,1	52,0	227,9	236,7	236,3	271,9	247,2	182,7
267,7	323,0	98,0	55,3	231,3	240,1	240,1	275,7	251,0	186,0
271,1	326,8	101,4	58,2	234,6	243,4	243,4	279,5	254,3	189,0
274,4	331,0	104,8	61,2	238,0	247,2	249,7	283,2	258,1	192,3
277,8	334,8	107,7	64,1	241,3	250,1	250,6	287,0	261,5	195,3
281,6	339,0	111,0	67,5	244,7	253,9	254,3	290,8	266,5	198,6
284,9	342,7	114,4	70,8	248,0	257,3	257,7	294,6	268,6	201,5
288,3	346,5	117,7	74,2	251,4	260,6	260,6	298,3	272,4	204,9
291,6	350,7	121,5	77,5	254,8	264	264,8	302,1	275,7	207,8
295,0	354,5	125,7	81,3	258,1	267,3	268,6	305,9	279,5	211,2
298,7	358,7	129,9	85,5	261,5	270,7	271,9	309,6	282,8	214,1
302,1	362,4	134,1	90,1	264,8	274,4	275,7	313,4	286,6	217,5
305,5	366,6	138,7	95,1	268,2	277,8	279,1	317,2	289,9	220,4
308,8	370,4	144,1	100,6	271,5	281,1	282,8	321,0	293,7	223,7
312,2	374,6	149,6	106,4	274,9	284,5	286,2	324,7	297,1	226,7
315,9	378,8	155,4	112,3	278,2	287,9	289,9	328,5	300,8	230,0
319,3	382,5	161,3	118,6	281,6	291,2	293,3	332,3	304,2	233,0
322,6	386,7	166,8	124,9	284,9	294,6	297,1	336,5	308,0	236,3
326,0	390,9	172,2	130,3	288,3	297,9	300,4	339,8	313,4	239,2
329,3	394,7	177,7	136,2	291,6	301,3	304,2	343,6	315,1	242,6
333,1	398,9	182,7	141,2	295,0	304,6	307,5	347,4	318,4	245,5
336,5	402,7	187,7	146,2	298,3	308,0	311,3	351,1	322,2	248,9
339,8	406,8	192,3	150,8	301,7	311,3	318,9	354,9	325,6	251,8
343,2	410,6	196,5	155,4	305,0	314,7	318,4	358,7	329,3	255,2
346,5	414,8	200,7	159,6	308,4	318,0	321,8	362,4	332,7	258,1
350,3	418,6	204,9	163,8	311,4	321,4	325,6	366,2	336,5	261,5

Приток тепла связанный с эксплуатацией камеры. Величину Q_4 определяют как сумму теплопритоков

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \quad (I-17)$$

где q_1 — приток тепла от освещения, Вт;
 q_2 — приток тепла от пребывания людей, Вт;
 q_3 — приток тепла от работы электродвигателей, Вт;
 q_4 — приток тепла от открывания дверей, Вт.

Приток тепла от освещения. Значение q_1 определяют по формуле

$$q_1 = AF, \quad (I-18)$$

где A — количество тепла, выделяемого осветительными приборами на 1 м² площади камеры, Вт/м² (для складских помещений $A=1$ Вт/м², для производственных камер $A=4$ Вт/м²);
 F — площадь пола камеры, м².

Приток тепла от пребывания людей. Величину q_2 рассчитывают по уравнению

$$q_2 = 300n, \quad (I-19)$$

где n — число людей, работающих в данном помещении ($n=2÷3$ для камер пло-

щадью до 200 м², $n=3÷4$ для камер площадью свыше 200 м²).

Приток тепла от работы электродвигателей. При расположении электродвигателей (вентиляторов, насосов и др.) внутри охлаждаемого контура значение q_3 определяют по формуле

$$q_3 = \sum N_э 1000, \quad (I-20)$$

где $N_э$ — номинальная мощность электродвигателя, кВт.

При расположении электродвигателей вне охлаждаемого контура:

$$q_3 = \sum N_э 1000 \eta_э, \quad (I-21)$$

где $\eta_э$ — к. п. д. электродвигателя.

Приток тепла от открывания дверей. Величину q_4 определяют по выражению

$$q_4 = BF, \quad (I-22)$$

где B — удельный приток тепла при открывании дверей, Вт/м².

Величина B принимается по табл. I—4.

При большей высоте камер величины теплопритоков следует увеличивать пропорционально.

Количество тепла, выделяемое плодами и овощами в результате дыхания. Величину Q_5

Таблица I—4

Значение удельного притока тепла при открывании дверей

Помещения	Величина B (в Вт/м ²) при высоте камер 3,6 м и площади, м ²		
	до 50	до 150	свыше 150
Камеры охлаждения крупного рогатого скота, баранов, свиней; субпродуктов и кишок; аккумуляторы и камеры хранения охлажденной рыбы	14,0	7,0	5,8
Камеры хранения охлажденных грузов	17,4	9,3	7,0
Камеры замораживания	18,6	9,3	7,0
Камеры хранения мороженных продуктов	12,8	7,0	4,6
Камеры сушки для копченых, полукопченых колбас и копченостей	9,3	4,6	3,5
Экспедиция и приемная	46,4	23,2	11,6
Разрубочные, шприцовочные, обвалочные, жиловочные отделения	32,5	16,3	8,1
Камеры охлаждения вареных колбас, окороков, субпродуктов, студия и пищевого жира	27,9	13,9	9,3
Камеры осадочные для всех видов колбас, хранения колбас, окороков, фасованного мяса и выдержки фарша для копченых колбас, камеры хранения рыбной кулинарии и копченостей	11,6	5,8	3,5

Таблица I—5

Удельные количества тепла, выделяемого плодами и овощами при дыхании

Фрукты и овощи	Значения q'_5, q''_5 (кВт/т) при температурах, °С					
	0	2	5	10	15	20
Абрикосы	17	27	50	102	155	199
Бананы	—	—	52	98	131	155
зеленые	—	—	58	116	164	242
зрелые	9	13	20	33	47	58
Лимоны зрелые	21	31	47	97	165	219
Черешня	10	13	19	35	50	69
Апельсины	19	22	41	92	131	181
Персики	—	—	—	—	—	—
Груши	—	—	—	—	—	—
ранние	20	28	47	63	160	278
поздние	10	22	41	56	126	219
Яблоки	—	—	—	—	—	—
ранние	19	21	31	60	92	121
поздние	10	14	21	31	58	73
Слива	21	35	65	126	184	233
Виноград	9	17	24	36	49	78
Дыня	20	23	28	43	76	102
Лук	20	21	26	34	31	58
Капуста	—	—	—	—	—	—
брюссельская	67	78	135	228	295	520
цветная	63	17	88	138	259	402
белокочанная	33	36	51	78	121	194
краснокочанная (зимняя)	19	24	24	38	58	116
Картофель	20	22	24	26	36	44
Морковь	28	34	38	44	97	135
Огурцы	20	24	34	60	121	174
Свекла	20	28	34	60	116	213
Томат	17	20	28	41	87	102
Чеснок	22	31	47	71	128	152

определяют по последнему дню загрузки камеры:

$$Q_5 = q'_5 G + q''_5 (E - G), \quad (I-23)$$

где q'_5 — удельное количество тепла, выделяемое плодами и овощами при дыхании во время охлаждения, Вт/т;

q''_5 — удельное количество тепла, выделяемое плодами и овощами при дыхании во время хранения, Вт/т;

G — максимальное одновременное поступление плодов и овощей в камеру, т (нетто);

E — полная емкость камеры, т (нетто).

Значения тепловыделений q'_5 и q''_5 принимают по табл. I—5 в зависимости от вида продукции, характерного для расчетного периода. При этом температуру плодов и овощей при-

нимают во время охлаждения q'_5 — по среднему значению между начальной и конечной температурами продуктов, а в период хранения q''_5 — по расчетной температуре воздуха в камере.

Для затаренных грузов учитывают теплоприток от охлаждения тары

$$Q_2^T = \frac{P_T c_T (t_n - t_k)}{24 \cdot 3,6}, \quad (I-24)$$

где P_T — масса тары, кг (принимают пропорционально суточному поступлению в камеру затаренных грузов);

c_T — теплоемкость материала тары, кДж/(кг · К);

t_n — начальная температура тары, °С;

t_k — конечная температура тары, °С.

Способы охлаждения и расчет оборудования холодильных камер

В зависимости от назначения охлаждаемых помещений, заданных температурно-влажностных режимов хранения скоропортящихся грузов, их характера, способов упаковки и сроков хранения проектируют **батарейное, воздушное или смешанное охлаждение камер.**

Батарейное охлаждение рекомендуется для камер хранения неупакованных мороженных продуктов на распределительных и производственных холодильниках. Батареи применяют также для охлаждения камер малых холодильников, а также для небольших помещений вспомогательного назначения распределительных холодильников (накопительных, разгрузочных при камерах замораживания, помещения для хранения некондиционных грузов и др.).

Воздушное охлаждение рекомендуется как прогрессивный и перспективный метод для широкого использования в камерах интенсивной холодильной обработки продуктов (охлаждение, замораживание), камерах хранения охлажденных грузов, камерах хранения упакованных мороженных продуктов, вспомогательных камерах производственных холодильников (экспедиции и др.). Практически подтверждена целесообразность воздушного охлаждения низкотемпературных камер хранения неупакованных продуктов (мясо, рыба и др.) при режиме -28° — -30° С. При этом естественные потери продуктов не превышают норм, установленных для неупакованных продуктов, которые хранятся при -18° ÷ -20° в камерах с батарейным охлаждением.

Преимуществами воздушного охлаждения являются равномерность температуры воздуха по объему камер; малая металлоемкость оборудования камер; ускорение процессов холодильной обработки продуктов при меньших массовых потерях; исключение ручного труда при оттаивании оборудования; возможность полной автоматизации работы камер хранения; ускорение и удешевление монтажных работ. При воздушном охлаждении затрачивается энергия для привода вентиляторов воздухоохладителей. Этот недостаток окупается преимуществами способа.

Смешанный способ охлаждения, заключающийся в использовании воздухоохладителей и батарей, применяют для камер распределительных холодильников с универсальным температурным режимом (например, $0/$ — 20° С).

Батарейное охлаждение

Батареи из оребренных труб выполняют из стандартных секций по ГОСТ 17645—72 «Секции стальные оребренные охлаждающих бата-

рей холодильных установок». Указанный ГОСТ предусматривает применение шести типов секций: СК — одноколлекторные, СЗГ — змеевиковые головные, СЗХ — змеевиковые хвостовые, СС — средние, СЗ — змеевиковые и СЗК — двухколлекторные. Секции изготовляют из труб диаметром $38 \times 2,25$ мм или $38 \times 3,0$ мм (в зависимости от коррозионной активности среды — аммиак или рассол), оребренных лентой 1×45 мм. Конструктивные размеры и характеристика секций указаны в табл. 1—6.

Воздушное охлаждение

При проектировании систем воздушного охлаждения необходимо стремиться к максимальному сокращению их осушающего действия путем снижения разности температур охлаждающей поверхности воздухоохладителей и воздуха в камерах до 5 — 6° С; применения эффективного автоматического оттаивания воздухоохладителей; использования для воздухоохладителей наиболее эффективных и экономичных вентиляторов; создания при необходимости относительно простого и эффективного воздухо-распределения; установления оптимального количества воздуха, циркулирующего в камере (кратность циркуляции).

В камерах замораживания и камерах охлаждения должна быть обеспечена интенсивная циркуляция воздуха у продукта при скорости $1,0$ — $2,0$ м/с; скорость воздуха у продукта в камерах хранения должна быть минимальной (не более $0,1$ — $0,2$ м/с).

Камеры с системой воздушного охлаждения оборудуют, как правило, несколькими воздухоохладителями (или одним воздухоохладителем с охлаждающей поверхностью, разделенной на секции) для обеспечения возможности изменения холодопроизводительности и кратности циркуляции в соответствии с изменением тепловой нагрузки. При смешанном способе охлаждения для хранения мороженных грузов используют потолочные и пристенные батареи, а для хранения охлажденных грузов — воздухоохладители и иногда пристенные батареи.

На рис. 1—11 показаны оребренные секции типа СК и СС. Путем набора указанных секций можно скомпоновать батареи различных размеров и требуемой поверхности охлаждения.

На рис. 1—12 представлена наиболее распространенная конструкция потолочной двухрядной батареи с нижней подачей аммиака. Батарея составлена из секций типа СК и СС. При конструировании батарей с верхней подачей аммиака необходимо обеспечить равномерное распределение аммиака по шлангам батареи.

Размеры и характеристика секций оребренных батарей

Тип секций	Размеры (рис. I—II), мм							Площадь поверхности охлаждения, м²		Масса, кг		
	L	L ₁	l	H	n	n ₁	t	t ₁₌₂₀	t ₁₌₃₀	t ₁₌₂₀	t ₁₌₃₀	
СК	2750	2600	750	640	3	—	160	16,85	11,7	94,4	74,2	
				960	5			25,1	17,5	136,2	110,6	
				1280	3			16,85	11,7	102,7	82,6	
СЗГ	2750	2600	750	640	3	—	160	16,85	11,7	90,4	70,7	
				960	5			25,1	17,5	136,3	105,6	
				1280	3			16,85	11,7	91,0	70,8	
СЗХ	2750	2600	750	640	3	—	160	16,85	11,7	91,0	70,8	
				960	5			25,1	17,5	136,4	105,6	
				1280	3			16,85	11,7	91,0	70,8	
СС	2750	2600	750	640	3	1	160	18,4	12,75	98,2	76,1	
				960	5			2	39,0	27,0	209,0	162,0
				1280	3			3	36,9	25,3	212,0	167,0
СЗ	2750	2600	750	640	3	1	160	9,15	6,4	68,0	52,6	
				960	5			2	39,1	27,1	212,0	162,0
				1280	3			3	36,9	25,3	212,0	167,0
СЗК	2750	2600	750	640	3	1	160	9,15	6,4	74,8	60,0	
				960	5			2	39,1	27,1	219,0	173,0
				1280	3			3	36,9	25,3	212,0	167,0

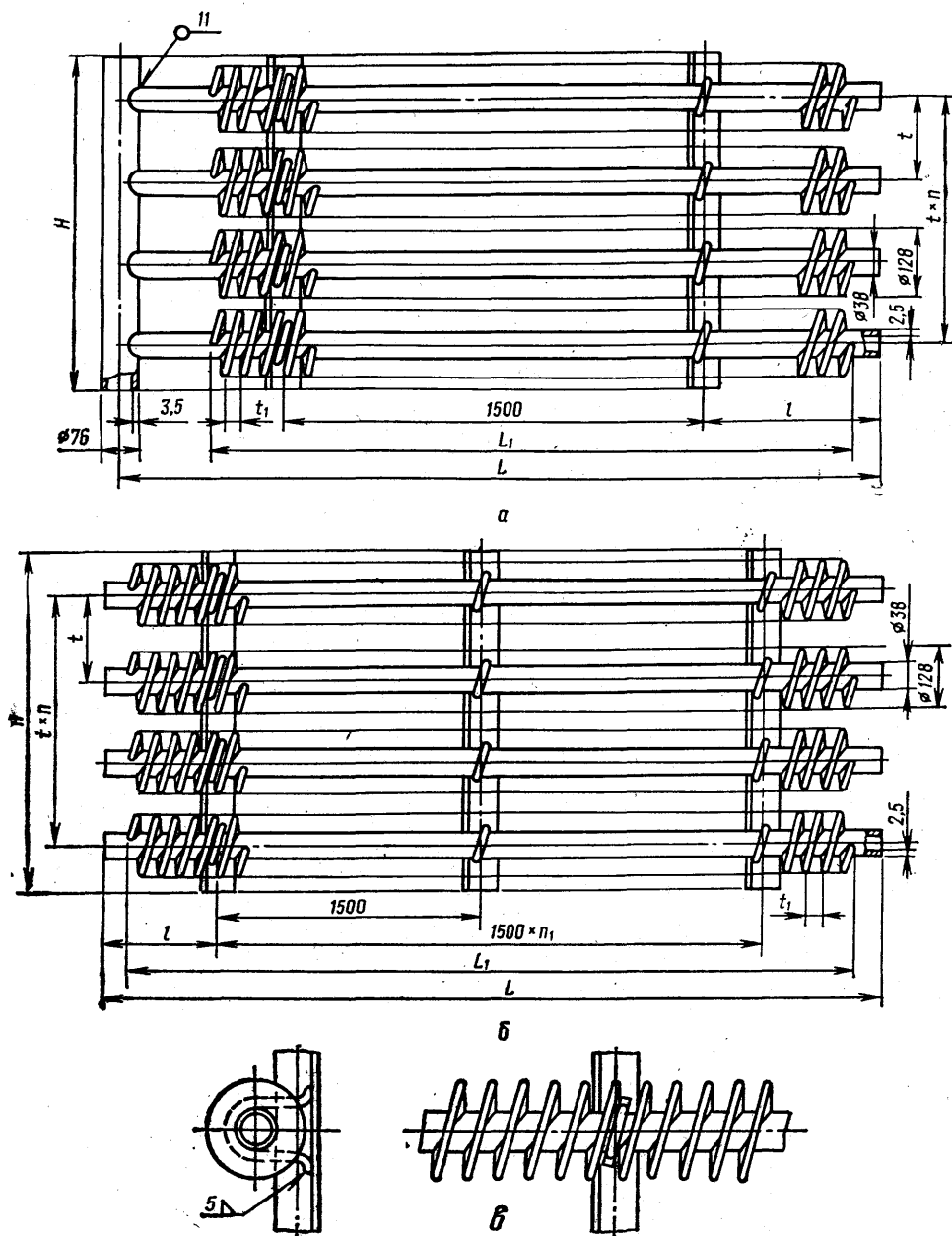


Рис. I—11. Секции оребренные охлаждающих батарей:
 а—типа СК; б—типа СС; в—узел крепления труб.

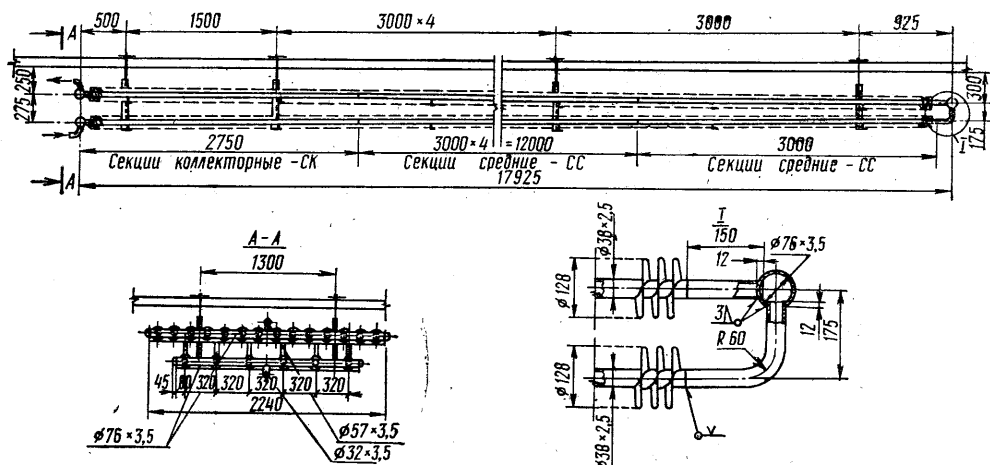


Рис. I—12. Батарея потолочная двухрядная из оребренных труб.

Пристенные батареи выполняют только однорядными с ограниченным количеством труб по высоте (3—6 труб); последнее имеет значение для прокладки над дверями камер подающего жидкостного трубопровода без верхней петли, что облегчает отвод жидкости и масла при оттаивании батарей парами горячего аммиака и их продувке.

Соотношение размеров потолочных и пристенных батарей выбирают в зависимости от назначения камер и их расположения в здании холодильника. Длины шлангов батарей принимают в зависимости от принятой схемы: в безнасосных схемах с нижней подачей аммиака — не более 40—50 м, в насосных — 100—200 м; в рассольных батареях — из условия нагрева рассола в шланге на 2—3° С.

Потолочные двухрядные батареи размещают над центральным грузовым проходом с таким расчетом, чтобы оттаивание их и удаление снега были возможны в условиях нормально загруженной камеры.

Расстояние от потолка до оси верхнего ряда труб батареи принимают 250.

Пристенные батареи монтируют возможно выше от пола: расстояние от стен до оси труб батарей 150—200 мм.

Потолочные двухрядные батареи вследствие компактности не могут обеспечить необходимую равномерность температурного режима, особенно в крупных камерах одноэтажных холодильников и верхних этажей многоэтажных холодильников (неравномерность температур может достигать 6—8° С). Вследствие этого такие холодильные камеры оборудуют однорядными оребренными батареями, равномерно распределенными по поверхности потолка камер

(рис. I—13). Шаг труб принимается 320 мм. При этом достигается равномерность температуры по всему объему камер, а при сочетании таких батарей с устройством стационарных ледяных экранов возле пристенных батарей вдоль наружных стен камер относительная влажность воздуха устанавливается на уровне 96—98% (при —18÷—20° С), что способствует значительному сокращению потерь продуктов при хранении. Однако оттаивание таких батарей в условиях загруженных камер затруднено.

Недостатком оребренных батарей является снижение их холодоотдачи вследствие образования инея, заполняющего межреберное пространство. Кроме того, у ребристых батарей относительно низкая теплоотдача радиацией, что приводит к увеличенным потерям массы продуктов при хранении. Поэтому для увлажнения воздуха в камерах применяют дополнительные устройства (ледяные экраны).

Преимуществами оребренных батарей являются: экономия цельнотянутых труб (в 3 раза) по сравнению с гладкотрубными батареями; малая аммиакоемкость; малый полезный объем камер, занимаемый батареями; простота изготовления и монтажа.

Характеристика труб с поперечно-спиральным оребрением для приборов охлаждения камер (батарей и воздухоохладителей) приведена в табл. I—7. Размеры оребрения приведены по ГОСТ 17645—72 и ГОСТ 18983—73.

Для охлаждения камер хранения мороженных грузов на распределительных холодильниках применяют также панельные батареи с плоскими ребрами, экранирующие наружные ограждения камер. Их устанавливают в многоэтажных и одноэтажных холодильниках. Пре-

Характеристика стальных труб с поперечно-спиральным оребрением для приборов охлаждения

Трубы (ГОСТ 8732-70), мм	Лента 1-НП-М-710 (ГОСТ 503-71), мм	Шаг оребра, мм	Количество ребер на 1 м трубы, мм	Коэффициент оребра	Площадь поверхности теплообмена 1 м оребренной трубы, м ²	Длина ленты на 1 м трубы, м	Масса, кг			Емкость 1 м трубы, м ³	Площадь проекции 1 м оребренной трубы, м ²
							ленты на 1 м трубы	1 м галкой трубы	1 м ореб- ренной трубы		
Батареи аммиачные											
57×3,5 } 38×2,5 } 38×2,5 }	1×45	35,7 30,0 20,0	28,0 33,3 50,0	6,12 7,8 11,2	1,01 0,93 1,33	13,1 13,6 20,4	4,6 4,8 7,2	4,62 2,19 2,19	9,22 6,99 9,39	0,00196 0,00086 0,00086	0,06 0,041 0,043
Батареи рассольные											
57×3,5 } 38×3 } 38×3 }	1×45	35,7 30,0 20,0	28,0 33,3 50,0	6,12 7,8 11,2	1,01 0,93 1,33	13,1 13,6 20,4	4,6 4,8 7,2	4,62 2,59 2,59	9,22 7,39 9,79	0,00196 0,00086 0,00086	0,06 0,041 0,043
Воздухоохладители аммиачные											
38×2,5 } 38×2,5 }	0,8×30	20,0 13,3	50,0 75,0	6,4 9,1	0,76 1,08	15,4 23,1	2,89 4,34	2,19 2,19	5,08 6,53	0,00086 0,00086	0,04 0,042
Воздухоохладители аммиачные											
25×2,5 } 25×2,5 }	0,6×20	16,0 10,0	62,5 100,0	5,6 8,25	0,44 0,65	12,75 20,4	1,2 1,9	1,39 1,39	2,59 3,29	0,000314 0,000314	0,0265 0,0274
Воздухоохладители рассольные											
38×3 } 38×3 } 25×3 } 25×3 }	0,8×30 0,8×20	20,0 13,3 16,0 10,0	50,0 75,0 62,5 100,0	6,4 9,1 5,6 8,25	0,76 1,08 0,44 0,65	15,4 23,1 12,75 20,4	2,89 4,34 1,2 1,9	2,59 2,59 1,63 1,63	5,48 6,93 2,83 3,53	0,00086 0,00086 0,000284 0,000284	0,04 0,042 0,0265 0,0274

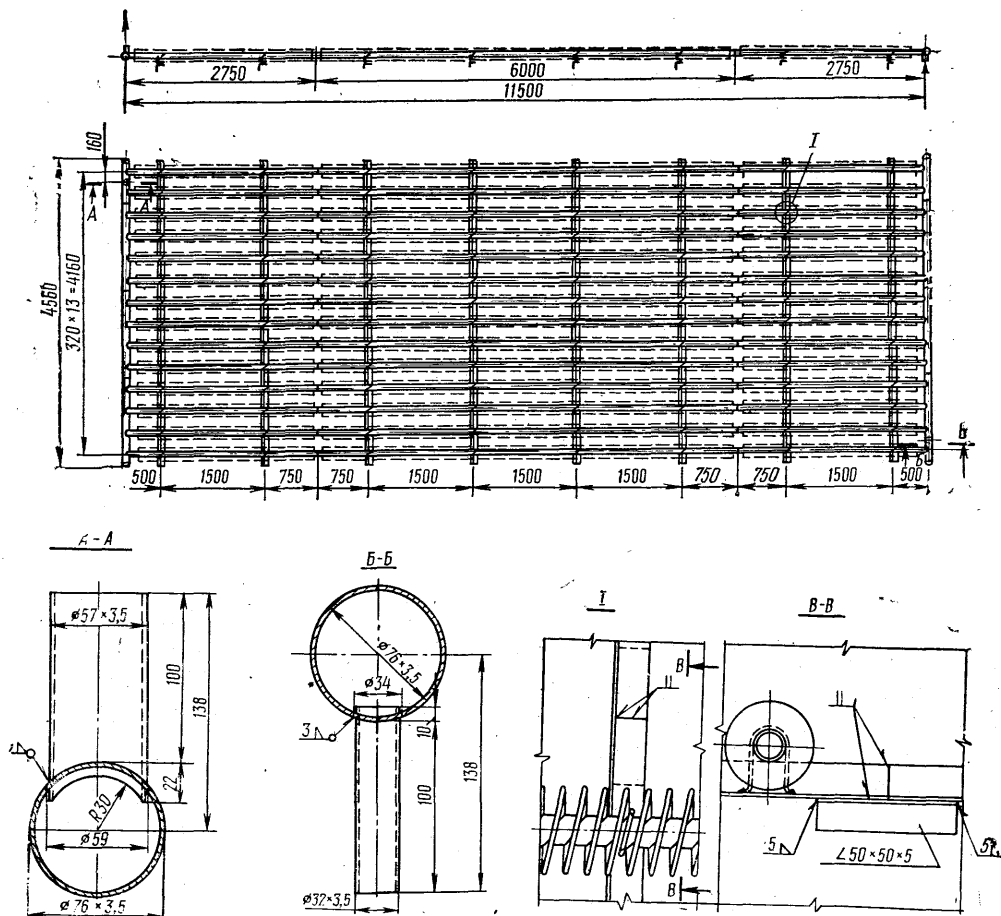


Рис. 1—13. Батарея потолочная однорядная из оребренных труб.

имущество панельных батарей — внекамерное поглощение наружных теплопритоков; равномерное распределение температур по всему объему камер; повышение относительной влажности воздуха камер до 96—98%; возможность продолжительной работы без очистки от инея.

Внекамерное поглощение наружных теплопритоков и увеличение радиационного теплообмена батарей позволяет значительно сократить потери хранящихся продуктов.

На рис. 1—14 показана конструкция потолочной панельной батареи. Для сборки батарей используют трехтрубный модульный панельный элемент. Элемент батареи изготовляют путем приварки труб диаметром 38×3 мм к стальному листу толщиной 1,6 мм, которую можно производить как со стороны листа с его

проблажкой с применением сварочных автоматов (сварка под флюсом или в среде нейтрального газа), так и со стороны труб. В любом случае необходимо обеспечить непрерывность шва по всей длине труб. Панельные потолочные батареи устанавливают равномерно по всей площади потолка. Неопанеленные участки потолка перекрывают асбоцементными листами.

Максимальное количество труб в пристенных панельных батареях принимается — шесть (два трехтрубных элемента). Нижележащую часть стены от батареи до пола камеры целесообразно перекрыть тканью, на которую в процессе эксплуатации можно нанести слой ледяной глазури. Пристенные батареи устанавливают от стены камеры на расстоянии 150 мм.

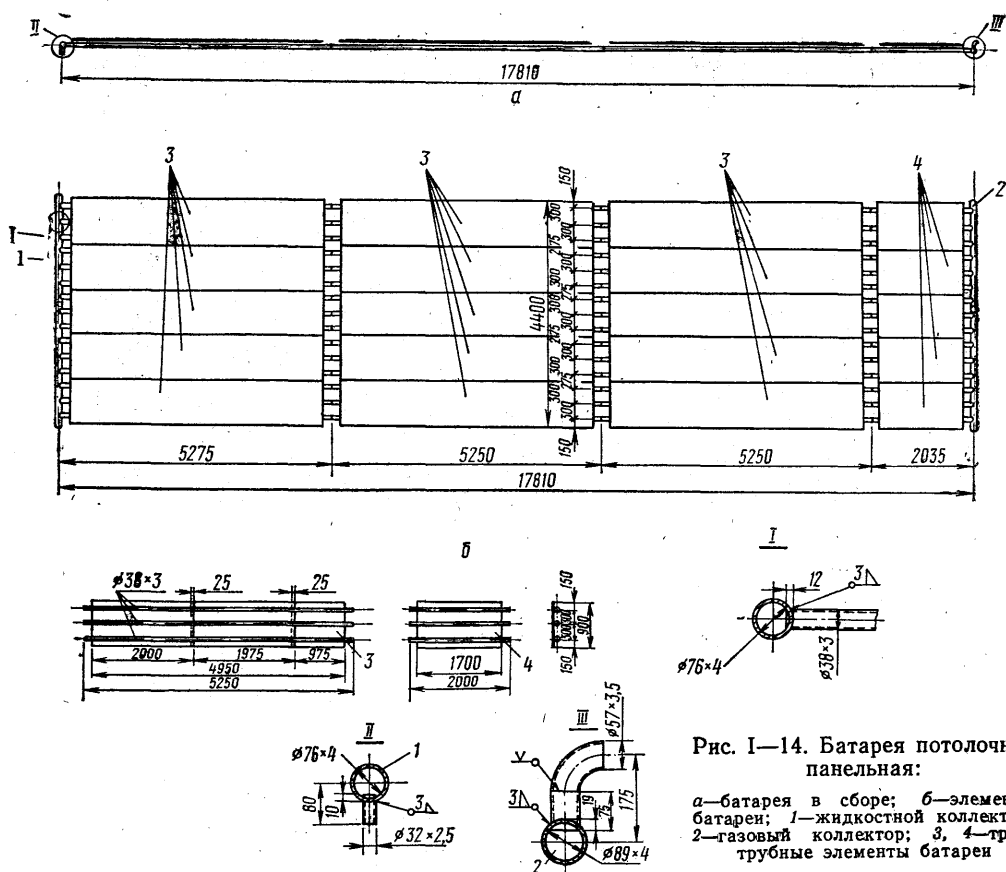


Рис. I—14. Батарея потолочная панельная:

а—батарея в сборе; б—элементы батареи; 1—жидкостной коллектор; 2—газовый коллектор; 3, 4—трехтрубные элементы батареи

В крупнопролетных камерах одноэтажных холодильников панельные батареи устанавливают на уровне нижнего пояса железобетонной или металлической фермы или нижней полки балки. Во всех случаях при монтаже потолочных панельных батарей следует обеспечить отвод талой воды с поверхности их, обращенной в сторону покрытия камеры.

В камерах промежуточных этажей многоэтажных холодильников используют совместно два типа батарей: потолочные оребренные и пристенные панельные. Недостатки панельных батарей: повышенный расход металла и большая трудоемкость изготовления и монтажа; трудность очистки снега со стороны потолочного проема в особенности при высоте его 40—50 см.

Гладкотрубные батареи иногда используют в холодильниках малой емкости.

В целях уменьшения поверхности батарей целесообразно использовать воздухоохладите-

ли в период холодильной обработки продуктов при поступлении в камеру.

При проектировании используют воздухоохладители подвешенного (навесного) типа, устанавливаемые под перекрытием или у стен камер в верхней зоне, и постаментные (напольные) — на полу камеры или специального помещения.

Широкое распространение получили разработанные ВНИХИ подвесные воздухоохладители типа ВОП-50, ВОП-75, ВОП-100, ВОП-150 с пластинчато-ребристой поверхностью охлаждения, площадь которой соответственно равна 50, 75, 100 и 150 м², производство которых освоено предприятиями Минмясомолпрома и в Венгрии по линии СЭВ. Эти воздухоохладители используют для охлаждения камер распределительных и производственных холодильников и технологических цехов.

Разработан и освоен подвесной воздухоохладитель типа ВОГ-230 поверхностью охлажде-

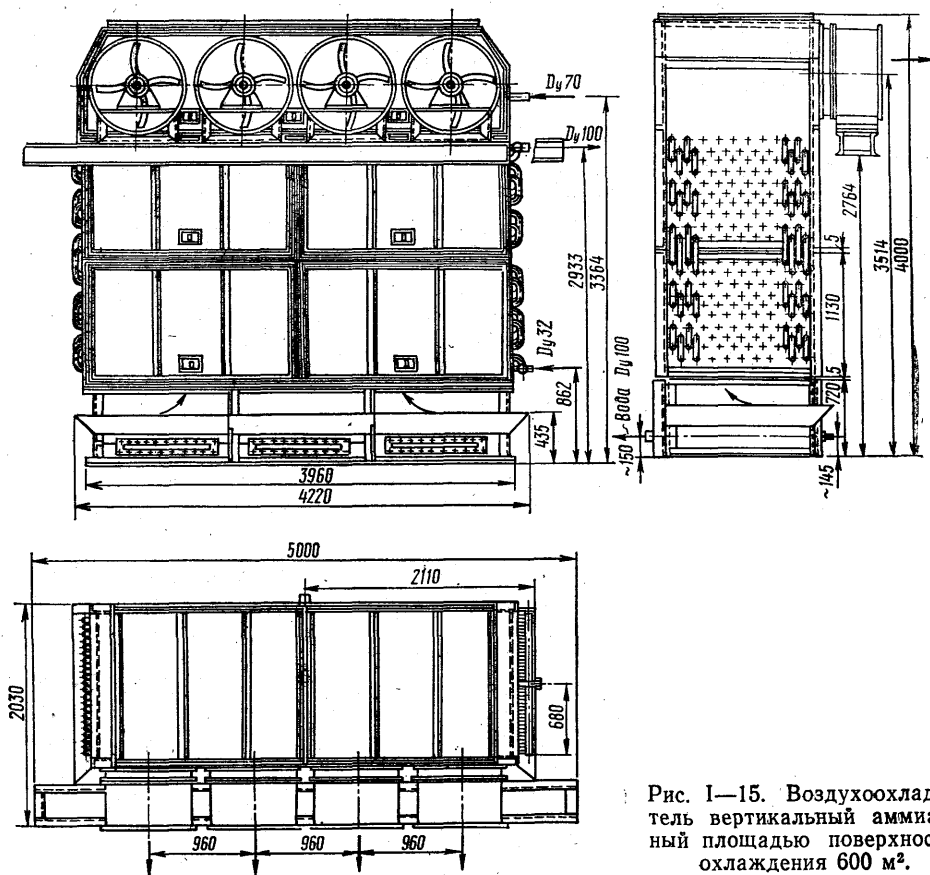


Рис. 1—15. Воздухоохладитель вертикальный аммиачный площадью поверхности охлаждения 600 м².

ния 230 м², который применяют для камер охлаждения и замораживания мяса.

Воздухоохладители со спиральным оребрением стальных труб должны соответствовать ГОСТ 18983—73.

Для охлаждения камер замораживания распределительных холодильников применяют напольные воздухоохладители площадью поверхности охлаждения 600 м², изготавливаемые как нестандартное оборудование по чертежам Гипрохолода (рис. 1—15).

Вентиляторы воздухоохладителя с помощью мягких брезентовых вставок соединяют с воздушными каналами, оборудованными щелевыми соплами. Воздушные каналы располагают между рельсами подвесных путей, что обеспечивает хороший обдув туш мяса.

Поддон воздухоохладителя изолируется и обогревается электронагревателями или змеевиком с помощью горячих паров аммиака. Для

интенсификации процесса оттаивания воздухоохладитель снабжен водяным оросительным устройством.

Для охлаждения камер холодильников применяют напольные воздухоохладители площадью поверхности охлаждения 150 и 200 м² (рис. 1—16). Воздухоохладители оборудованы центробежными вентиляторами и предназначены для канального воздухораспределения в камерах. Их можно устанавливать как в специальных помещениях, так и на антресоли над грузовым коридором.

Техническая характеристика аммиачных воздухоохладителей конструкции Гипрохолода площадью поверхности охлаждения 150, 200 и 600 м² приведена в табл. 1—8.

За последнее время в СССР и за рубежом (Италия, Франция и др.) нашли широкое применение антресольные воздухоохладители открытого типа (рис. 1—17). Батареи воздухоох-

Техническая характеристика напольных воздухоохладителей конструкции Гипрохолода

Показатели	Площадь поверхности охлаждения, м ²		
	150	200	600
Батарея			
диаметр труб, мм	38×3,5	38×3,5	38×3,5
размер оребренной ленты, мм	30×1	30×1	30×1
шаг оребрения, мм	13,3	13,3	20 и 30
расчетная скорость воздуха в батарее, м/с	3,0	3,0	4,0
Вентилятор			
тип	Ц4-70	Ц4-70	06-320
количество	1	1	4
номер	6	7	8
расход воздуха, м ³ /ч	7500	14000	18000×4
напор, кПа (кгс/м ²)	0,4(40)	0,48(48)	0,29(29)
Электродвигатель			
тип	A02-41-BBMC	A02-42-6BMC	A02-42-4BMC
мощность, кВт	2,2	3,0	4,0
частота вращения, мин ⁻¹	1000	1000	1500
Способ обогрева поддона	Горячим аммиаком		Электронагревателями или горячим аммиаком
Обогреватели			
тип	—	—	ТЭН-13 № 254
общая мощность, кВт	—	—	10,8
масса, кг	2520	3200	8850

ладителей с поддонами устанавливают в изолированных для каждой камеры отсеках антресоли. Высоконапорные осевые вентиляторы устанавливаются в стенах камер. Воздухораспределение в камере может быть организовано как с помощью каналов со щелевыми соплами, так и бесканально. В последнем случае применяют специальные каналы-насадки для поджата струи воздуха и увеличения ее дальности. Такое конструктивное решение воздухоохладителей имеет ряд преимуществ: воздухоохладители устанавливают в отсеках, доступных для обслуживающего персонала и изолированных от складских помещений, что создает возможность непосредственного осмотра секций батарей и вентиляторов; наличие нескольких вентиляторов и двух батарей позволяет регулировать холодопроизводительность, уменьшается металлоемкость.

Для регулирования питания жидким холодильным агентом или хладоносителем охлаждающих приборов холодильных камер, отключения их от магистральных трубопроводов в

случае ремонта, а также для проведения необходимых операций, связанных с их оттаиванием, устраивают так называемые распределительные устройства, содержащие регулируемую и запорную трубопроводную арматуру. На них же устанавливаются соленоидные вентили, обратные клапаны, регуляторы давления «до себя» для обеспечения автоматического регулирования температурного режима камер и оттаивания воздухоохладителей.

Распределительные устройства рекомендуются располагать вблизи холодильных камер в специальных отапливаемых помещениях или на антресолях рядом с оборудованием. В проектах многоэтажных холодильников для распределительных устройств предусматриваются на каждом этаже отдельные отапливаемые помещения с искусственной вентиляцией. Размещение распределительных устройств в коридорах и вестибюлях холодильника нецелесообразно, несмотря на некоторое сокращение трубной разводки. Запорные и регулирующие вентили и другое оборудование, расположенное в

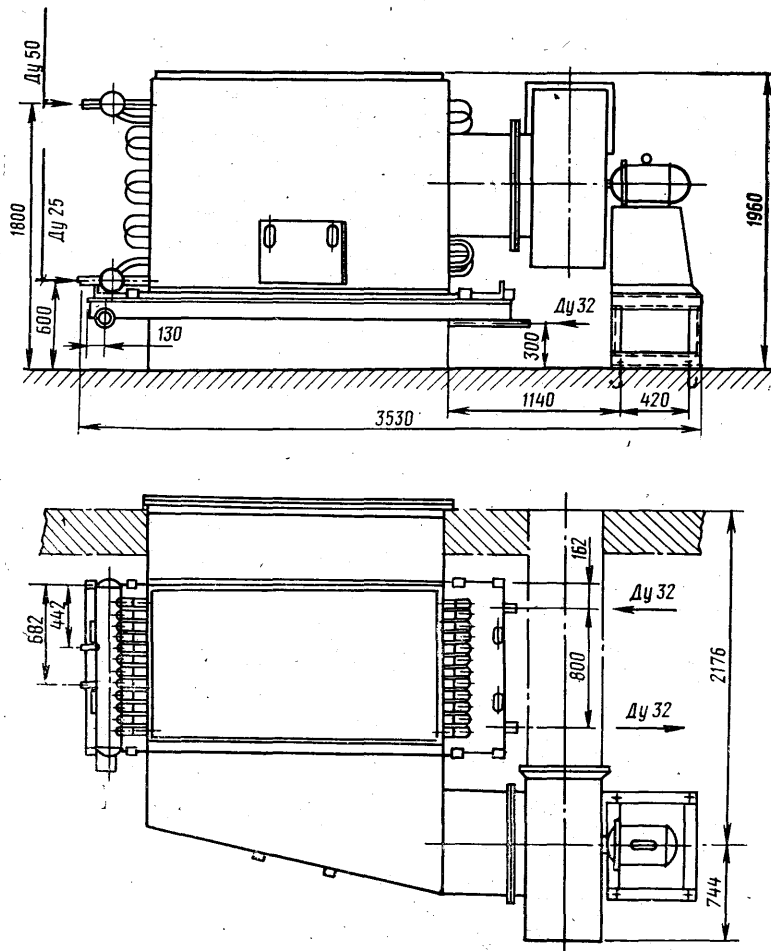


Рис. 1—16. Воздухоохладитель напольный аммиачный площадью поверхности охлаждения 150 и 200 м².

неотапливаемых помещениях, покрывается слоем льда, что затрудняет их эксплуатацию. Для холодильников небольшой емкости целесообразно выносить распределительные устройства в помещения машинных отделений холодильных установок, что удобно в эксплуатации.

При проектировании холодильников мясокомбинатов предусматривают для камер охлаждения и замораживания мяса наиболее эффективное в эксплуатации интенсивное воздушное охлаждение с использованием оребренных подвесных воздухоохладителей ВОП и ВОГ (рис. 1—18), которые имеют автоматическое оттаивание снеговой шубы. В этих камерах устанавливают наиболее крупные воздухоохладители поверхностью по 230 м², изготавливаемые

из труб диаметром 25×2,0 мм с шагом оребрения 17 мм. Воздухоохладители размещают над каркасом подвесных путей и подвесными конвейерами и крепят к закладным деталям, заделываемым в стыки между сборными железобетонными плитами перекрытия или покрытия. В каждой из указанных камер предусматривают установку нескольких воздухоохладителей в линию, что упрощает монтаж аммиачных трубопроводов. Циркуляция воздуха в камерах холодильной обработки мяса предусматривается через ложный потолок с дальнейшим направлением воздуха перпендикулярно подвесным путям. Это позволяет избежать экранирования мясных полутуш и ускорить процессы охлаждения и замораживания.

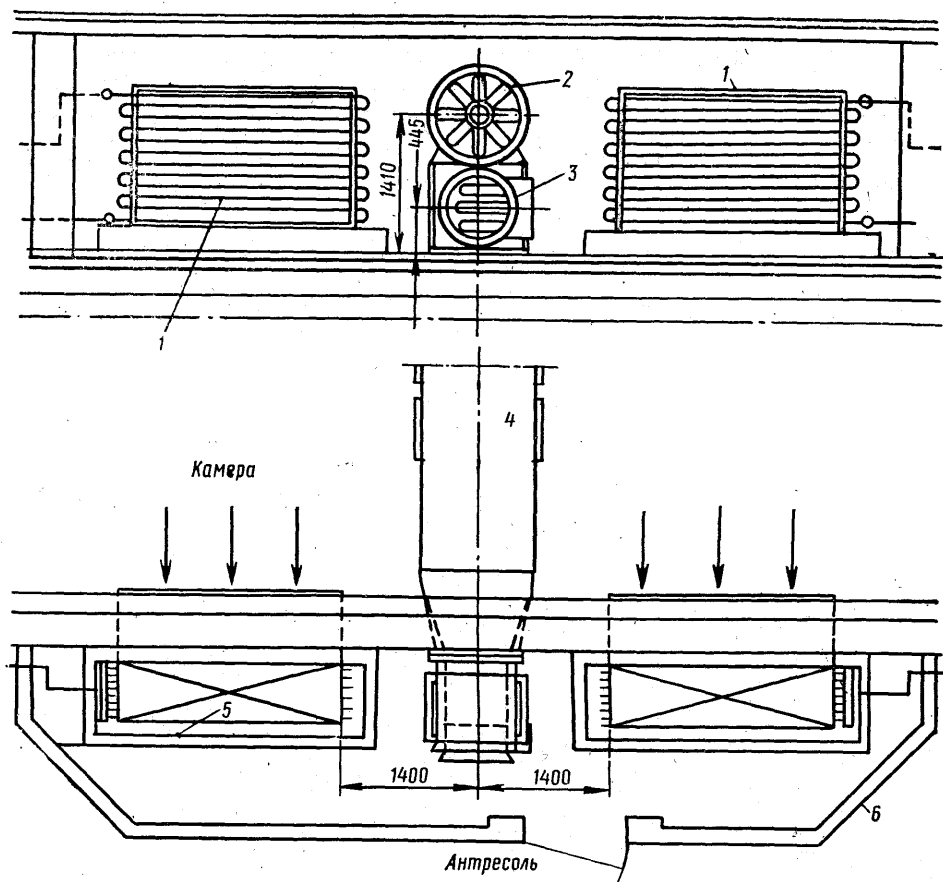


Рис. 1—17. Напольный воздухоохладитель открытого типа, установленный в отсеках антресоли:
1—охлаждающие батареи воздухоохладителя; 2—осевой вентилятор; 3—осевой вентилятор с электрокалорифером; 4—воздуховоды; 5—поддон; 6—ограждение воздухоохладителя.

Камеры хранения охлажденного мяса проектируют также с воздушным охлаждением с помощью подвесных воздухоохладителей ВОП площадью поверхности охлаждения по 100—150 м².

Камеры хранения мороженого мяса (в полутушах и четвертинах) при температуре -20°C проектируют с батарейным охлаждением.

С переходом промышленности на производство упакованных мясoproductов камеры хранения мороженого мяса следует проектировать с воздушным охлаждением с применением воздухоохладителей подвешенного или постаментного (для крупных камер) типов.

Холодильники предприятий молочной промышленности, выпускающие всю продукцию в

упакованном виде и хранящие сырье (творог, сметану и др.) в плотной таре, целесообразно проектировать с воздушным охлаждением всех камер. Размеры камер хранения (ширина 12 м) таких холодильников позволяют применять воздухоохладители подвешенного типа с бесканальным распределением циркулирующего воздуха.

Производственные холодильники маслосыр- баз оборудуют с учетом поддержания в камерах определенных технологических условий воздуха (температуры и влажности), строго необходимых для созревания сыров того или иного сорта. В связи с этим при проектировании в камерах автоматизированных кондиционеров предусматривают установку преимущественно непосредственного охлаждения.

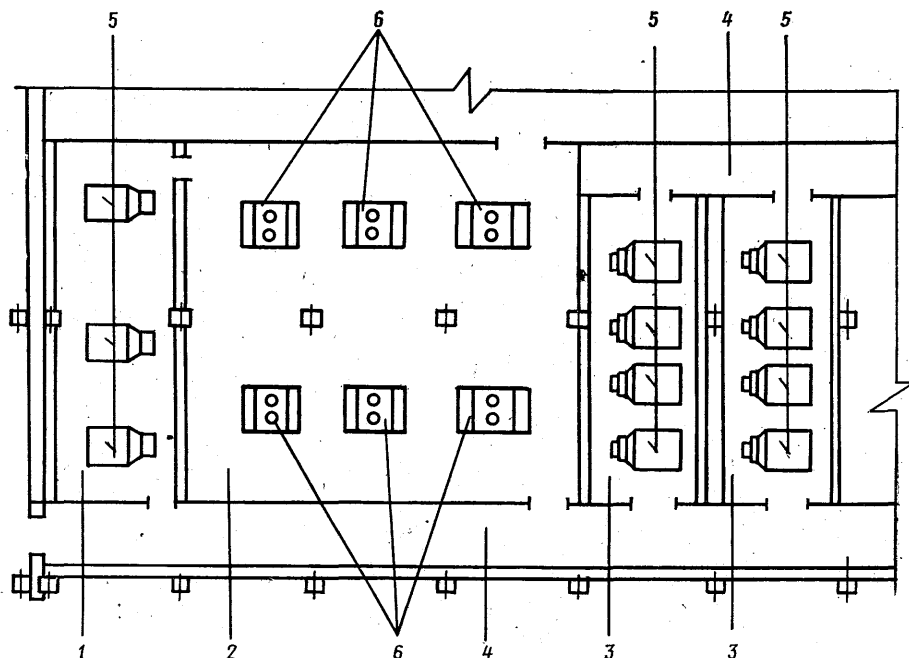


Рис. 1—18. Холодильные камеры с размещением оборудования (холодильник мясокомбината мощностью 50 т в смену):

1—камера сверхбыстрого охлаждения мяса ($t = -10^\circ \text{C}$); 2—камера для накопления и хранения охлажденного мяса ($t = -1^\circ \text{C}$); 3—камеры однофазного замораживания мяса ($t = -30^\circ \text{C}$); 4—коридоры; 5—подвесной воздухоохладитель ВОГ-230 площадью поверхности охлаждения 230 м²; 6—подвесной воздухоохладитель ВОП-100 площадью поверхности 100 м².

В производственных холодильниках консервных заводов в камерах хранения упакованных замороженных плодов, ягод, овощей и готовых блюд проектируют воздушное охлаждение. В проектах принимают постаментные воздухоохладители, размещаемые в антресольном помещении над грузовым коридором холодильника. При таком решении воздух подают в камеры посредством нагнетательных воздушных каналов. Возврат воздуха из камер предусматривают бесканальный.

В зависимости от планировочного решения (например, при отсутствии антресольного помещения) возможно использование подвесных воздухоохладителей, которые размещают под потолком внутри камер. При ширине камеры 12 м такие воздухоохладители следует размещать вдоль одной из ее стен. В этом случае распределение воздуха по камере предусматривают бесканальное.

Для производственных холодильников предприятий рыбной промышленности в камерах хранения упакованной замороженной рыбы необходимо воздушное охлаждение.

В табл. I—9 приведены примерные удельные тепловые нагрузки и охлаждающие поверхности для холодильных камер различного назначения. Эти данные можно использовать в качестве контрольных для предварительных или ориентировочных расчетов при проектировании новых или реконструкции действующих распределительных и производственных холодильников.

Расчет и подбор приборов охлаждения камер

Приборы охлаждения камер следует рассчитывать по максимальной суммарной величине теплопритоков. Необходимую для поглощения всех теплопритоков поверхность теплопередачи приборов охлаждения кроме панельных батарей F (в м²) определяют по формуле

$$F = \frac{Q}{k(t_k - t_0)}, \quad (I-25)$$

где Q — общее количество теплопритоков, проникающее в камеру, Вт;

Таблица I-9
Примерные удельные тепловые нагрузки и охлаждающие поверхности холодильных камер

Камеры	Температура, °С	Холодильники			
		Одноэтажные		Многоэтажные	
		удельная тепловая нагрузка, Вт/м²	удельная охлаждающая поверхность, м²/м²	удельная тепловая нагрузка, Вт/м²	удельная охлаждающая поверхность, м²/м²
Хранения мороженных грузов	-20	70—90	2,0—2,4	45—65	1,3—1,7
Хранения охлажденных грузов	-3 ÷ +4	80—95	1,0—1,1	60—65	0,8—1,0
Универсальные	0 ÷ -20	75—125	1,0—1,6	70—80	1,0—1,6
Замораживания (однофазные)	-30	850—900	11—12	Воздухоохладители и батареи	Воздухоохладители и батареи
Охлаждения (однофазные)	-10	450—500	6—7	Воздухоохладители	Воздухоохладители
Хранения охлажденного мяса	-2 ÷ 0	80—100	1,0—1,5	50—60	0,6—0,8

k — коэффициент теплопередачи прибора охлаждения, Вт/(м²·К);

t_k — температура воздуха в камере, °С;

t_0 — температура кипения холодильного агента или средняя температура промежуточного хладонотителя, °С.

Значения коэффициентов теплопередачи для различных приборов охлаждения приведены в табл. I-10 и I-11.

Значения коэффициентов теплопередачи указаны для разности температур между воздухом и холодильным агентом или промежуточным хладонотителем $\theta=10^\circ\text{C}$. Для определения коэффициента теплопередачи k применительно к иной разности температур следует пользоваться формулой:

$$k = k_0 \left(\frac{\theta}{10} \right)^{0,22}, \quad (I-26)$$

где k_0 — коэффициент теплопередачи.

Для различных температурных напоров значения $\left(\frac{\theta}{10} \right)^{0,22}$ следующие: 0,86 ($\theta=5^\circ\text{C}$), 0,94 ($\theta=7,5^\circ\text{C}$); 1,0 ($\theta=10^\circ\text{C}$), 1,05 ($\theta=12,5^\circ\text{C}$); 1,09 ($\theta=15^\circ\text{C}$).

Коэффициенты теплопередачи затопленных воздухоохладителей из оребренных труб диаметром 38×3 мм при поперечном движении воздуха со скоростью 3—5 м/с в зависимости от температур кипения холодильного агента или температур промежуточного хладонотителя следующие:

$t; ^\circ\text{C}$	$k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \left(\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$
—40—	11,6 (10,0)
—20—	12,8 (11,0)
—15—	14,0 (12,0)
0 и выше	17,5 (15,0)

Значения коэффициентов теплопередачи, отнесенные к наружной поверхности труб и ребер, учитывают термическое сопротивление слоя снеговой шубы толщиной 6 мм. Коэффициенты теплопередачи для батарей и воздухоохладителей с верхней подачей жидкого аммиака принимают равными 0,9 приведенных значений.

Соотношение размеров потолочных и пристенных батарей следует выбирать в зависимости от назначения камер и их расположения в здании холодильника.

Необходимую поверхность теплопередачи панельных батарей F (в м²), экранирующих наружные ограждения камеры, определяют, исходя из предпосылки, что поверхность батарей,

Таблица I—10

Коэффициенты теплопередачи батарей k_0 [Вт/(м²·К)] из оребренных труб диаметром 38×2,5 и 57×3,5 мм (высота ребра 45 мм и толщина 1 мм)

Температура воздуха в камере, °С	Батареи							
	потолочные				пристенные			
	однорядные с шагом ребер, мм		двухрядные с шагом ребер, мм		однорядные 4-трубные с шагом ребер, мм		однорядные 8-трубные с шагом ребер, мм	
	30—35	20	30—35	20	30—35	20	30—35	20
0	5,9(5,1)	5,1(4,4)	5,6(4,8)	4,8(4,1)	4,7(4,0)	4,1(3,5)	4,3(3,7)	3,7(3,2)
—20	4,7(4,0)	4,2(3,6)	4,4(3,8)	4,0(3,4)	3,6(3,1)	3,3(2,8)	3,4(2,9)	3,0(2,6)

Примечание. В скобках даны значения в ккал/(м²·ч·°С).

Таблица I—11

Коэффициенты теплопередачи k_0 [Вт/(м²·К)] батарей из гладких труб диаметром 57×3,5 мм

Температура воздуха в камере, °С	Батареи				
	потолочные однорядные	пристенные однорядные с числом труб			
		6	10	14	18
0	9,8(8,4)	9,8(8,4)	10,7(9,2)	12,0(10,3)	14,0(12,0)
—20	7,0(6,0)	7,0(6,0)	7,6(6,5)	8,6(7,4)	9,9(8,5)

обращенная к ограждениям, поглощает только наружные теплопритоки:

$$F = F_{\pi} + F_c = \frac{Q - Q_1^{\pi} - Q_1^c}{k_0}, \quad (\text{I-27})$$

где

F_{π} — поверхность потолочных панельных батарей, обращенная в камеру, м²;

F_c — поверхность пристенных панельных батарей, обращенная в камеру, м²;

Q — общее количество теплопритоков, проникающее в камеру, Вт;

Q_1^{π} , Q_1^c — количество теплопритоков с учетом солнечной радиации, проникающих соответственно через покрытие и наружные стены, Вт;

$q = k_0$ Вт/м² — удельная тепловая нагрузка; при средней разности температур между воздухом и холодильным агентом (хладоносителем), равной 10° С. Значение $q \approx 47$ Вт/м².

При наличии только потолочных панельных батарей зависимость принимает вид

$$F = F_{\pi} = \frac{Q - Q_1^{\pi}}{k_0}. \quad (\text{I-28})$$

Поверхность панельных батарей в камерах принимают конструктивно, причем потолочных батарей — с учетом максимального экранирования площади покрытия камер.

При разработке проектов холодильников следует применять преимущественно приборы охлаждения заводского изготовления по ГОСТ 17645—72 «Секции стальные оребренные охлаждающих батарей холодильных установок» и ГОСТ 18983—73 «Воздухоохладители стальные с поперечно-спиральным оребрением».

В случае необходимости разработки индивидуальных проектов приборов охлаждения (нестандартизированное оборудование) следует руководствоваться данными соответствующих

ГОСТов, нормалью ВСН 186—74 ММСС СССР Сортамент труб технологических трубопроводов на $P_y = 100$ кгс/см² из углеродистой стали и стали марки 10Г2 и табл. I—7.

Расчет циркулирующего воздуха в камерах и выбор способа его распределения

Расход воздуха, циркулирующего через воздухоохладители, при системе воздушного охлаждения V (в м³/ч) определяют по формуле

$$V = \frac{Q \cdot 3,6}{\rho(i_1 - i_2)}, \quad (I-29)$$

где Q — общее количество теплотитоков, проникающее в камеру, Вт;

ρ — плотность воздуха при среднем значении температуры в камере, кг/м³;

i_1, i_2 — энтальпии воздуха соответственно на входе и выходе из воздухоохладителя, кДж/кг.

Величина V должна составлять не менее 100 м³/ч на 1 м² площади поверхности теплопередачи. Значения энтальпий определяют по термодинамическим диаграммам или таблицам, принимая расчетную разность температур воздуха на входе и выходе из воздухоохладителя, равной 3—4°С. Для поддержания в камере повышенной влажности, а также в случае особых требований в отношении равномерности температур указанную разность температур принимают 2—2,5°С при температурном напоре между воздухом и хладагентом (хладоносителем) 5—7°С.

При системе воздушного охлаждения в зависимости от назначения и размеров камер, характеристики воздухоохладителей, видов хранящихся грузов и заданных температурно-влажностных режимов можно применять бесканальную или канальную системы воздухораспределения. Предпочтение следует отдавать бесканальной системе как наиболее экономичной в отношении расхода электроэнергии. Бесканальная система воздухораспределения рекомендуется для камер, оборудованных навесными воздухоохладителями, которые обслуживают отдельные зоны, а также для камер хранения, оборудованных центральными постаментными воздухоохладителями при обеспечении достаточной дальности воздушной струи и наличии пространства над грузом, необходимого для ее развития.

Раздачу воздуха по камере при бесканальной системе предусматривают: для навесных воздухоохладителей при помощи воздухонаправляющих приставок, для постаментных — при помощи сопел (насадок).

Диаметр круглого сопла для выхода воздуха d_c (в м) определяют по формуле

$$d_c = \sqrt{\frac{1,275V_c}{3600w_c}}, \quad (I-30)$$

где V_c — расход воздуха через сопло, м³/ч;
 w — выходная скорость струи, м/с.

Выходную скорость струи воздуха при дальности 15—20 м рекомендуется принимать 10—15 м/с с учетом создания эжекции окружающего воздуха и обеспечения требуемой подвижности его во всем объеме камеры.

Конфузор, устанавливаемый перед соплом, должен иметь угол раскрытия не более 0,5236 рад (30°).

При расчете необходимого напора вентилятора потерю напора в сопле H_c (в Па) определяют

$$H_c = \frac{w_c^2 \rho}{2\eta_c}, \quad (I-31)$$

где η_c — коэффициент полезного действия сопла ($\eta_c = 0,93 \div 0,97$).

Канальная система воздухораспределения рекомендуется для камер хранения с центральными постаментными воздухоохладителями при отсутствии достаточного пространства над грузом для развития струи.

При канальной системе в камере следует устраивать только нагнетательный канал; в этом случае в качестве естественного всасывающего канала используется пространство между штабелями грузов.

В камерах хранения нагнетательный канал следует располагать над грузовым проездом, а всасывающее отверстие воздухоохладителя — вблизи проезда.

Площадь поперечного сечения канала F_k (в м²):

$$F_k = \frac{V}{3600w}, \quad (I-32)$$

где V — расход воздуха через канал, м³/ч;
 w — скорость движения воздуха в канале, м/с (принимают 6—8 м/с).

При канальной системе воздух по камере рекомендуется раздавать с помощью окон (распределение при малом подохлаждении воздуха 2—2,5°С) или щелевых сопел (эжекторное распределение при повышенном подохлаждении воздуха 4—6°С). При эжекторном воздухораспределении между потолком камеры и штабелем груза необходимо оставлять расстояние для развития струи, исключающее непосредственный обдув груза холодным воздухом.

Скорость движения воздуха на выходе из окон канала принимают не выше 2—3 м/с, из щелевых соел при дальнобойности струи до 10 м — не выше 10—12 м/с. Высоту щелевого сопла рекомендуется принимать 10—20 мм. В щель сопла следует вставлять поперечные перегородки, разделяющие его по длине на ряд параллельных отверстий размером 30×10 или 30×20 мм.

При необходимости допускается устройство в камере специального всасывающего канала. В этом случае воздух рекомендуется распределять и всасывать через окна, снабженные шиберами для регулирования его расхода.

Расчет и подбор увлажнительных устройств

Направление процесса обработки воздуха камер с целью поддержания относительной влажности на определенном оптимальном уровне определяют по величине тепловлажностного

отношения $\frac{Q}{W}$, (в КДж/кг),

где Q — количество тепла, поступающего в камеру (в кВт);

W — количество влаги, поступающей в камеру (в кг/с).

При $\frac{Q}{W} < 8000$ необходим подогрев воздуха после его охлаждения и осушения; при $\frac{Q}{W} \geq 8000$ требуется увлажнение воздуха.

Количество влаги, поступающей в камеру, следует определять как сумму влагопритоков различных источников:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4, \quad (I-33)$$

где W_1 — влагоприток через ограждения камеры, кг/ч;

W_2 — влагоприток от хранящихся продуктов, кг/ч;

W_3 — влагоприток, поступающий с вентиляционным воздухом, кг/ч;

W_4 — влагоприток, связанный с эксплуатацией помещения, кг/ч.

Влагоприток через ограждения при их соответствующей паро- и гидроизоляции относительно мал и его можно не учитывать, т. е. $W_1 = 0$.

Влаговыделение от хранящихся продуктов

$$W_2 = \frac{Pq_W}{1000}, \quad (I-34)$$

где P — масса одновременно хранящихся в камере продуктов, т;

q_W — среднее влаговыделение 1 т продуктов в час в расчетный период, г/(т·ч) (принимают по соответствующим НТП и справочным материалам).

Количество влаги, поступающей с вентиляционным воздухом:

$$W_3 = G_v(d_n - d_k), \quad (I-35)$$

где G_v — расход вентиляционного воздуха, подаваемого в камеру, кг/ч;

d_n, d_k — влагосодержание соответственно наружного воздуха и воздуха в камере, кг/кг.

Приток влаги, связанный с эксплуатацией, рассчитывают как сумму:

$$W_4 = W_4' + W_4'', \quad (I-36)$$

где W_4' — количество влаги, выделяемой работающими в камере людьми, кг/ч ($W_4' = 0,05 n$);

n — количество людей, работающих в камере;

W_4'' — количество влаги, поступающей в камеру при открывании дверей, кг/ч.

Величину W_4'' определяют по табл. I—12 в зависимости от площади камеры и времени года.

Таблица I—12

Влагоприток в камеру при открывании дверей

Время года	W_4'' (в кг/ч) при площади камеры, м ²		
	до 50	50—150	свыше 150
Лето	0,005	0,0025	0,002
Зима	0,002	0,001	0,0007

При хранении продуктов, затаренных в деревянную тару, в течение 1—1,5 месяца с момента загрузки камеры во влажностном балансе учитывают количество влаги, поглощаемое тарой, которое следует определять по разности влагосодержаний древесины при параметрах воздуха снаружи и внутри камер в соответствии с данными по равновесной влажности тары (табл. I—13).

Воздух рекомендуется увлажнять водяным паром (при отсутствии в нем запаха) из котельной или из специальных электрокипятильников. Целесообразно также применять устройства для мелкого распыливания воды, в частности вращающиеся распылители.

Таблица I—13

Равновесная влажность тары

Относительная влажность воздуха, %	Влажность (в % к массе сухой древесины) при температуре воздуха, °С					
	—5	0	5	10	15	20
20	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3
30	6,5	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9
40	8,3	8,2	8,1	8,0	7,8	7,6
50	9,8	9,6	9,4	9,2	9,1	9,0
60	11,7	11,3	11,0	10,8	10,6	10,5
70	13,8	13,7	13,4	13,2	13,1	13,0
80	17,8	17,5	17,2	17,0	16,7	16,3
90	21,5	21,0	20,8	20,6	20,3	20,1
100	29,8	29,0	28,5	28,5	28,3	28,3

Планировки машинных отделений холодильников

Помещения машинных отделений, компрессорный зал, аппаратное отделение, совмещенное помещение аммиачных холодильных установок согласно СНиП II—М. 2—72 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования» относят по пожаро- и взрывоопасности к категории Б, а по ПУЭ — к категории В-16. Этим и определяются требования к их размещению и объемно-планировочным решениям.

Машинные отделения должны иметь капитальные ограждения (несгораемые стены и перекрытия). Над машинными (и аппаратными) отделениями аммиачных холодильных установок или под ними не разрешается располагать помещения с постоянным пребыванием людей. Запрещается располагать указанные помещения в подвальных и цокольных этажах зданий. В отдельных случаях машинные и аппаратные отделения одно- и многоэтажных холодильников встраивают в холодильный контур главного корпуса. В этом случае рядом с машинным отделением или над ним размещают камеры холодильника. Такое решение нельзя считать рациональным, так как оно нарушает теплоизоляционный контур холодильника, стесняет компоновку машинного отделения и подсобных при нем помещений и повышает стоимость строительства.

Если машинное отделение проектируют для обслуживания нескольких потребителей холода (холодильник, фабрика мороженого, мясоперерабатывающий завод, рыбозавод, фрукто-овощехранилище и др.), расположенных на одной площадке или в так называемой про-

мышленно-коммунальной зоне, то его можно размещать в отдельном здании центральной холодильной станции (ЦХС). ЦХС связывают с потребителями холода, как правило, холодильными трубопроводами, прокладываемыми на мачтах. Размещение ЦХС определяется с учетом расположения и холодильной нагрузки потребителей и максимального сокращения коммуникаций с целью уменьшения потерь холода и расхода энергии на холодоснабжение.

Целесообразно аппаратные отделения холодильной установки размещать в отдельных помещениях, смежных с компрессорным залом или в общем с ним помещении (зале) машинного отделения. При значительном удалении от машинного отделения потребителя холода (например, фабрики мороженого, птицецека) устраивают местное аппаратное отделение, обслуживающее только этот потребитель и расположенное при нем. Размеры компрессорных залов и аппаратных отделений определяются расстановкой оборудования, обеспечивающей удобства обслуживания и ремонта машин и аппаратов.

Ширина помещений машинных отделений крупных распределительных и производственных холодильников принимается 12 м, но допускается и 18 м. Высоту компрессорных залов аммиачных холодильных установок следует принимать не менее 4,2 м, аппаратных отделений — не менее 3,6 м до низа несущих строительных конструкций. Высота машинных отделений фреоновых холодильных установок должна быть не менее 3,5 м.

В компрессорном зале и аппаратном отделении аммиачных холодильных установок необходимо предусматривать не менее двух выходов, максимально удаленных друг от друга, один из которых должен быть непосредственно наружу. Общая площадь окон и дверей принимается не менее 0,03 м² на 1 м³ объема помещения.

К машинным отделениям непосредственно примыкают помещения трансформаторных подстанций, электрощитовой и помещения для размещения щитов контроля и автоматики. При машинном отделении предусматриваются подсобно-бытовые помещения (комната начальника цеха, раздевалка, душевая для обслуживающего персонала и др.). Планировочные решения машинных отделений должны способствовать рациональной эксплуатации холодильного оборудования, распределительных устройств, уменьшению длины коммуникаций, эффективному использованию строительных площадей и объемов здания.

В компрессорных залах предусматривают установку компрессоров — одно- и двухступенчатого сжатия, промежуточных сосудов,

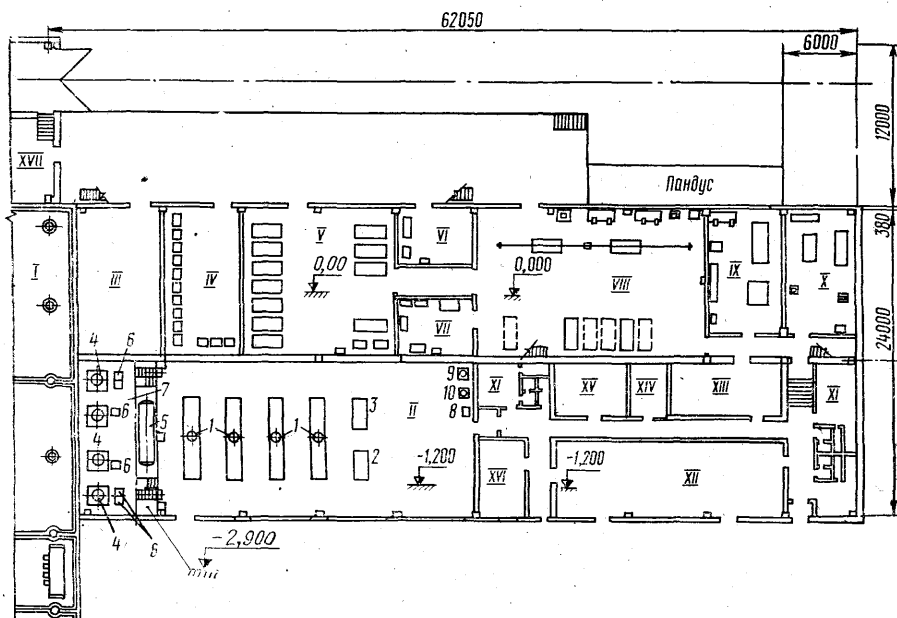


Рис. I—19. Машинное отделение распределительного холодильника емкостью 10000 т:

I—холодильник; II—машинное отделение; III—материальный склад; IV—помещение для зарядных агрегатов; V—зарядная станция; VI—отделение для мойки инвентаря; VII—электролитное отделение; VIII—профилакторий электропогрузчиков; IX—механическая мастерская; X—столярная мастерская; XI—подсобно-вспомогательные помещения; XII—комплектная трансформаторная подстанция; XIII—тепловой пункт; XIV—кладовая; XV—помещение КИПиА; XVI—комната механика; XVII—закрытая железнодорожная платформа; 1—агрегат двухступенчатого сжатия АД 130-3; 2—одноступенчатый компрессор А 110-1; 3—воздушный компрессор; 4—ресивер вертикальный циркуляционный типа РДВ (на $t_0 = -10; -30$ и -40°C); 5—ресивер горизонтальный РД; 6—герметичный аммиачный насос ЦНГ-68; 7—металлическая площадка для обслуживания ресиверов; 8—маслонасосная установка; 9—маслоотделитель; 10—маслосборник.

распределительной (регулирующей) станции и пр.

В аппаратном отделении проектируют размещение циркуляционных ресиверов (на 3—4 рабочих режима температур кипения) аммиачных насосов (по 2 на режим), испарителей, переохладителя жидкого аммиака, дренажных ресиверов и пр. Для лучшего использования площади и объема аппаратных отделений проектируют преимущественно вертикальные циркуляционные ресиверы типа РДВ с разделительными сосудами. Разделительные сосуды применяют для лучшего отвода из парожидкостной смеси жидкого хладагента, возвращающегося из испарительной системы. Для обслуживания циркуляционных ресиверов, распределительной запорной арматуры, приборов автоматики применяют металлические площадки.

Вертикальные кожухотрубные, испарительные и воздушные конденсаторы вместе с маслоотделителями и линейными ресиверами уста-

навливают снаружи вблизи машинных отделений. При этом линейные ресиверы должны иметь ограждения с навесом для защиты от солнечных лучей.

Выбор конденсаторов испарительного типа исключает необходимость в отдельной градирне для охлаждения оборотной воды.

Если проектом принята установка вертикальных кожухотрубных конденсаторов, то вблизи них размещают градирню вентиляторного типа. Наружная установка конденсаторов и линейных ресиверов удешевляет строительство и повышает безопасность эксплуатации аммиачной холодильной установки, поскольку из машинного отделения выносятся аппаратура высокого давления, содержащая большое количество жидкого аммиака. Недостатком вертикальных кожухотрубных конденсаторов является необходимость двойной перекачки воды (на конденсатор и градирню). Этого недостатка лишены горизонтальные кожухотрубные конденсаторы. Однако их надо устанавливать

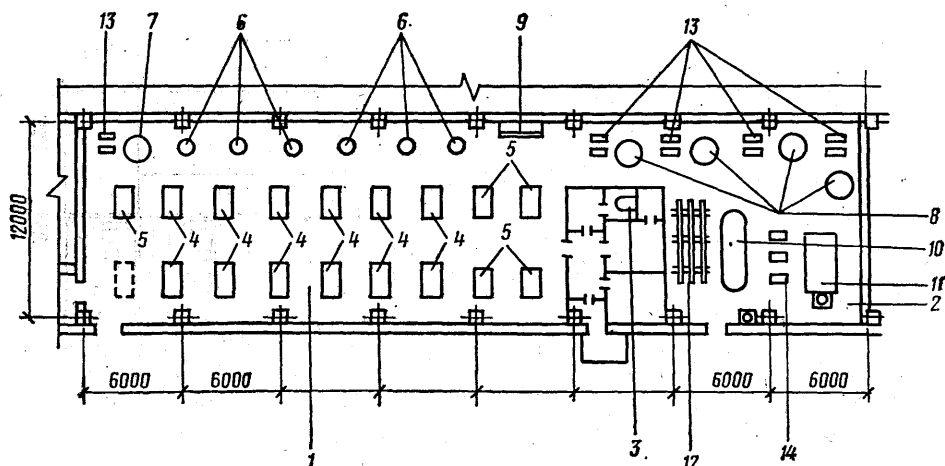


Рис. 1—20. Машинное отделение (при холодильнике мяскокомбината мощностью 50 т в смену) с расположением холодильного оборудования:

1—компрессорный зал; 2—аппаратное отделение; 3—подсобные и бытовые помещения; 4—аммиачный агрегат двухступенчатого сжатия мощностью 209 кВт (180 тыс. ккал/ч при $t = -30; +35^{\circ}\text{C}$); 5—аммиачный одноступенчатый компрессор мощностью 116 кВт (100 тыс. ст. ккал/ч); 6—промежуточный сосуд диаметром 600; 7, 8—вертикальные циркуляционные ресиверы емкостью соответственно 2,5 и 5 м³; 9—регулирующая станция; 10—дренажный ресивер емкостью 5 м³; 11—панельный испаритель 90 м²; 12—противоточный переохладитель 16 м²; 13—аммиачные насосы; 14—насосы хладоносителя.

в аппаратном помещении, что увеличивает объем и стоимость последнего.

Вместе с линейными ресиверами нередко проектируют размещение ресиверов для хранения запаса аммиака, соединенных уравнительными трубопроводами (паровыми и жидкостными) с конденсаторами и линейными ресиверами. На специальных металлических конструкциях вне здания устанавливают испарительные конденсаторы. При ограниченной площади территории повышение коэффициента ее застройки и сокращение длины трубопроводов можно достигнуть установкой испарительных и воздушных конденсаторов на крыше машинного отделения с устройством опорных металлоконструкций и площадок для обслуживания. Испарительные конденсаторы можно также размещать над зданием насосной станции оборотного водоснабжения.

Водяные насосы оборотной системы водоснабжения рекомендуется размещать в компрессорном зале или аппаратном отделении, а для крупных холодильников — в специальном помещении (насосной), расположенном вблизи конденсаторов, градирни и резервуара для воды. В последнем случае циркуляционные насосы целесообразно устанавливать совместно с хозяйственными и пожарными.

Циркуляционные аммиачные ресиверы следует располагать так, чтобы обеспечить необходимый подпор столба жидкости над цирку-

ляционными аммиачными насосами, что важно для обеспечения их устойчивой работы. С этой же целью в случае необходимости заглубления насосов устраивают для них приямки требуемых размеров.

Главный проход между компрессорами, а также расстояние от электрических щитов и щитов с контрольно-измерительными приборами до выступающих частей машин и аппаратов принимают не менее 1,5 м; проход между выступающими частями машин — не менее 1 м; между стеной и машиной или аппаратом — не менее 0,8 м. Со стороны, где не требуется обслуживать аппараты, проходы можно не устраивать. При определении размеров проходов и отступов учитывают выступающие трубы обвязки компрессоров и толщины тепловой изоляции труб, а также возможность разборки компрессоров с выемкой коленчатого вала.

В случае намечаемого расширения холодильника или перспективного строительства нового потребителя холода в машинном отделении необходимо предусматривать резервные площади для установки дополнительного оборудования.

Для ускорения монтажных работ, сокращения длины трубопроводов, удобства эксплуатации компоновку оборудования целесообразно выполнять в виде функциональных блоков согласно технологической схеме (компрессоры агрегата двухступенчатого сжатия + промсосуд,

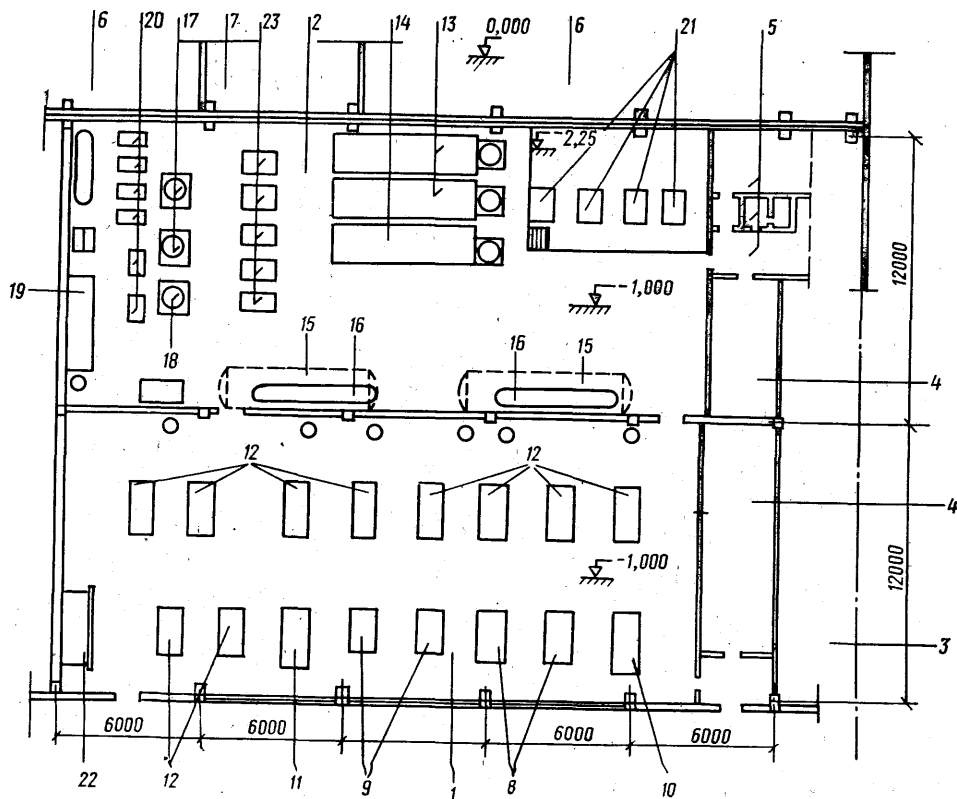


Рис. I—21. Машинное отделение горьмолзавода мощностью 100 т в смену с холодильником емкостью 1000 т:

1—компрессорный зал; 2—аппаратное отделение; 3—трансформаторная подстанция; 4—помещение КИПиА; 5—подсобные и бытовые помещения; 6—холодильник; 7—коридор; 8—11—одноступенчатые аммиачные компрессоры; 8—АУ-200/4; 9—АУ-200/ЗД-1; 10—АУУ-400/3; 12—аммиачный агрегат двухступенчатого сжатия АДС РАБ-150; 13, 14—панельные испарители соответственно 240 и 180 м²; 15—конденсатор 300 м²; 16—линейный ресивер 2,5 м³; 17, 18—вертикальные циркуляционные ресиверы соответственно 2,5 и 5 м³; 19—панельный испаритель 40 м²; 20—аммиачные насосы; 21—водяные насосы; 22—регулирующая станция; 23—насосы для рассола и ледяной воды.

циркуляционный ресивер + аммиачные насосы и т. п.), размещающая их на металлорамих и общих фундаментах.

Для обслуживания распределительных устройств с запорной и регулирующей трубопроводной арматурой, расположенной на высоте более 1,8 м, в машинном и аппаратном отделениях предусматривают металлические площадки.

На рис. I—19 представлены планировка и размещение оборудования машинного отделения распределительного холодильника емкостью 10000 т.

На рис. I—20 показан план машинного отделения, расположенного вдоль холодильника

мясокомбината мощностью 50 т в смену. Ширина здания 12 м, высота — 7,2 м до низа балки. На рис. I—21 приведен план машинного отделения городского молочного завода мощностью 100 т перерабатываемого молока в смену с холодильником емкостью 1000 т. Машинное отделение встроено в здание холодильника и имеет в глубину 24 м.

На рис. I—22 приведен план машинного отделения портового холодильника. В помещении аппаратного отделения, кроме циркуляционных ресиверов, отделителей жидкости и аммиачных насосов, запроектирована установка для производства льда мощностью 30 т в сутки, предназначенного для снабжения промышленных судов.

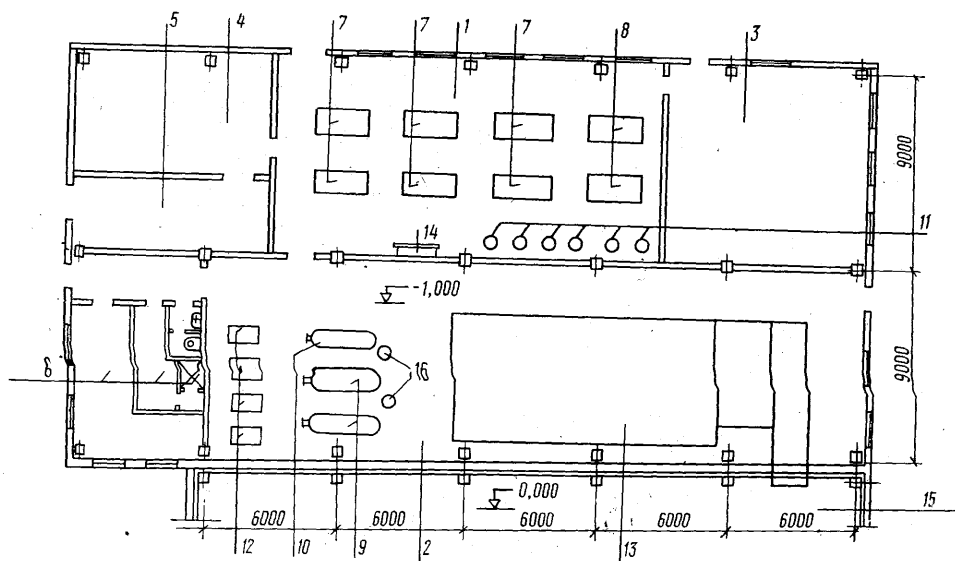


Рис. I—22. Машинное отделение портового рыбного холодильника в бухте Камышовая:

1—компрессорный зал; 2—аппаратное отделение; 3—насосная станция; 4—электрошочное отделение; 5—помещение для распределительных устройств; 6—подсобные и бытовые помещения; 7—аммиачный компрессор двухступенчатого сжатия мощностью 175 кВт (150 тыс. ккал/ч при $t = -30 \div +35^\circ \text{C}$); 8—аммиачный одноступенчатый компрессор АВ-200; 9, 10—циркуляционные ресиверы соответственно 1,5 и 0,75 м³; 11—промежуточный сосуд; 12—аммиачные насосы; 13—льдогенератор производительностью 40 т в сутки; 14—регулирующая станция; 15—холодильник; 16—отделители жидкости.

Конденсаторы, линейные ресиверы и маслоотделители размещены снаружи здания. В контуре машинного отделения предусмотрено помещение насосной установки для подачи в конденсаторы морской воды. В случае децентрализованной системы охлаждения камер холодильника с использованием блочных комплектов фреоновых автоматизированных машин необходимость в строительстве специального машинного отделения и разводке трубопроводов отпадает.

На рис. I—23 представлена планировка типового холодильника для фруктов и винограда емкостью 1200 т с децентрализованной системой охлаждения. Применены блочные фреоновые холодильные машины ХМФ-16. Воздухоохлаждающие блоки расположены в холодильных камерах, компрессорно-конденсаторные (воздушные конденсаторы) — снаружи под легким навесом у стен холодильных камер.

Расчет и подбор оборудования машинных отделений

Компрессоры

Суммарные тепловые нагрузки для расчета и подбора компрессоров определяют с учетом несовпадения по времени максимальных вели-

чин теплопритоков от различных источников и изменения их значений в течение года. Приток тепла через ограждающие конструкции Q_1 учитывают для распределительных холодильников и специализированных холодильников для хранения плодов и овощей в размере 100%; для холодильников мясо- и рыбокомбинатов в зависимости от значений температур воздуха в камерах: 80% при температуре, равной 20°C , 60% ($t = 0^\circ \text{C}$), 50% ($t = +5^\circ \text{C}$), 30% ($t = +12^\circ \text{C}$).

Приток тепла от продуктов при их холодильной обработке определяют отдельно по видам обработки и соответствующим температурам кипения:

$$Q_2 = \frac{G'(^{\circ}) 1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} \Delta t = 11,6 G'(^{\circ}) \Delta t, \quad (\text{I-37})$$

где $G'(^{\circ})$ — количество грузов, подвергающихся холодильной обработке (соответственно G' — охлаждению, G'' — домораживанию, G''' — замораживанию), т/сут;

Δi — разность энтальпий, соответствующая начальной и конечной температуре продуктов, кДж/кг (см. табл. I—3).

Количество грузов, подвергающихся охлаждению, рассчитывают по формуле

$$G' = \frac{u\delta'}{365} E_0, \quad (I-38)$$

где u — кратность грузооборота камер охлаждения и хранения охлажденных грузов в год;

$\delta' = 1,5$ — коэффициент неравномерности поступления продуктов в камеры хранения охлажденных грузов распределительных холодильников (для других холодильников G' определяют в соответствии с данными технико-экономических обоснований или ведомственных норм технологического проектирования);

E_0 — емкость камер, охлаждения грузов, т.

Количество грузов, подлежащих замораживанию:

$$G'' = \frac{u\delta''\varphi}{365} E_m, \quad (I-39)$$

где $\delta'' = 2,5$ — коэффициент неравномерности поступления продуктов в камеры хранения мороженных грузов распределительных холодильников;

E_m — емкость камер хранения мороженных грузов, т;

φ — доля продуктов, поступающих непосредственно в камеры хранения мороженных грузов; значение φ следует принимать в зависимости от заданной структуры емкости конкретного холодильника; для распределительных холодильников $\varphi = 0,65—0,85$;

G'' — количество грузов, предназначенных для замораживания, принимают по заданной производительности камер замораживания (в распределительных холодильниках для осеннего периода 100%, для летнего — 50%).

Приток тепла от охлаждения тары Q_2^T рассчитывают, исходя из суточного поступления затаренных грузов.

Приток тепла от вентиляции Q_3 учитывают полностью, т. е. в размере 100%, приток тепла, связанный с эксплуатацией Q_4 , — в зависимости от площади камер в размере 50—75%, приток тепла от «дыхания» продукта Q_5 — в размере 100%.

Холодопроизводительность компрессоров подбирают, исходя из суммарных теплопритоков по указанным статьям для каждой принятой температуры кипения хладагента с надбавками на потери в аппаратах и коммуникациях: при непосредственном охлаждении 7%, при системе с промежуточным хладоносителем 12%.

Для удобства все расчеты сводят в таблицу по форме, принятой в проектной организации.

Число компрессоров для каждой температуры кипения принимают в соответствии с требованиями автоматического регулирования их работы и возможности их взаимного переключения. Расчетное время работы компрессоров устанавливают не более 22 ч в сутки. Резерв компрессоров предусматривать не рекомендуется.

При подборе компрессоров принимают следующие основные расчетные параметры работы холодильной установки: температура конденсации — на 4—5°С выше средней температуры воды в конденсаторе и на 8—10°С выше средней температуры воздуха при использовании воздушных конденсаторов; температура кипения на 7—10°С ниже заданной температуры воздуха в охлаждаемых помещениях при непосредственном охлаждении и на 12—15°С — при системе с промежуточным хладоносителем. Для камер хранения фруктов и овощей разность между температурой воздуха в камерах и температурой кипения хладагента или температурой хладоносителя рекомендуется принимать 6—8°С в период холодильной обработки продуктов и 3—4°С — в период хранения.

Компрессоры подбирают по заводским каталогам на основании графиков зависимости холодопроизводительности от температуры кипения или путем определения необходимой величины объема, описанного поршнями компрессора.

Конденсаторы

Тип конденсаторов следует выбирать в зависимости от условий водоснабжения и качества воды с учетом климатологических данных района строительства холодильника.

При оборотной системе водоснабжения холодильной установки с использованием гради-

рен следует принимать вертикальные или горизонтальные кожухотрубные конденсаторы, при прямоточной системе водоснабжения (наличие естественных водоемов) — вертикальные кожухотрубные конденсаторы.

В целях экономии воды и упрощения (или исключения) системы обратного водоснабжения рекомендуется отдавать предпочтение испарительным и воздушным конденсаторам.

Необходимую площадь поверхности теплопередачи конденсаторов F (в м^2) определяют по формуле

$$F = \frac{Q}{k\theta}, \quad (I-40)$$

где Q — тепловая нагрузка на конденсатор, Вт;

$$Q = G(i_1 - i_2) \cdot 1000,$$

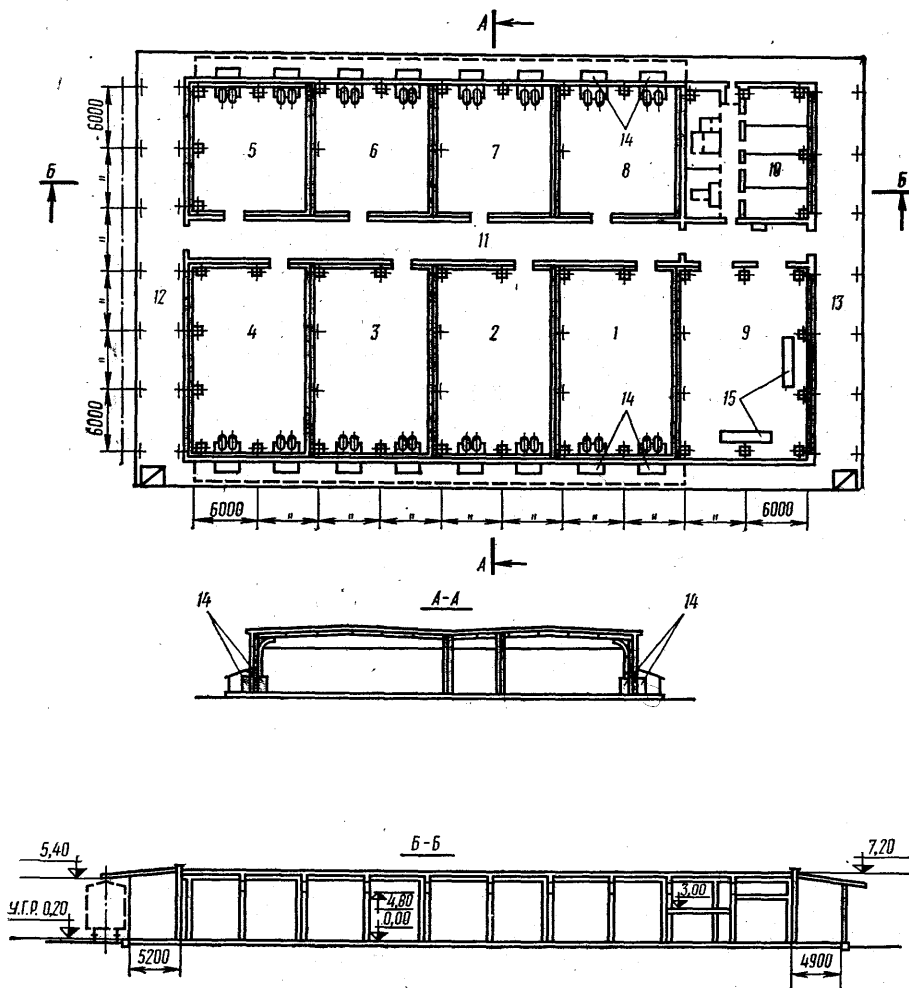
где G — общее количество циркулирующего холодильного агента, кг/с;

i_1 — энтальпия холодильного агента на входе в конденсатор, кДж/кг;

i_2 — энтальпия холодильного агента на выходе из конденсатора, кДж/кг;

k — коэффициент теплопередачи конденсатора, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{К}$);

θ — средний расчетный температурный напор между температурами конденсации и охлаждающей среды, $^{\circ}\text{C}$.



Количество циркулирующего холодильного агента принимают по общей установленной производительности компрессоров (при двухступенчатом сжатии — по общей производительности компрессоров высокой ступени).

Средние расчетные значения коэффициентов теплопередачи k и удельные тепловые нагрузки $q(k\theta)$ конденсаторов приведены в табл. I—14.

Таблица I—14

Значения коэффициентов теплопередачи и удельных тепловых нагрузок конденсаторов

Конденсаторы	k , Вт/(м ² ·К)	q , Вт/м ²
Кожухотрубные аммиачные фреоновые (отнесенные к внутренней по- верхности ореб- ренных труб)	800 1700—2300	4100 9300—11600
Испарительные	170—290	1700—2900
Воздушные	23—30	230—290

Испарители

Типы испарителей следует выбирать в зависимости от принятой схемы циркуляции промежуточного хладоносителя: кожухотрубные — при закрытой системе; панельные — при открытой.

Необходимую поверхность теплопередачи испарителей определяют по формуле (I—40), в которой Q (в Вт) — суммарная тепловая нагрузка на данный испаритель при заданной температуре кипения холодильного агента, определяемая по рабочей производительности выбранных компрессоров; $k = 470 \div 580$ Вт/(м²·К) — среднее расчетное значение коэффициента теплопередачи для испарителей всех типов при скорости хладоносителя 1 м/с, $\theta = 5 \div 7^\circ \text{C}$ — средний расчетный температурный напор между хладоносителем и холодильным агентом.

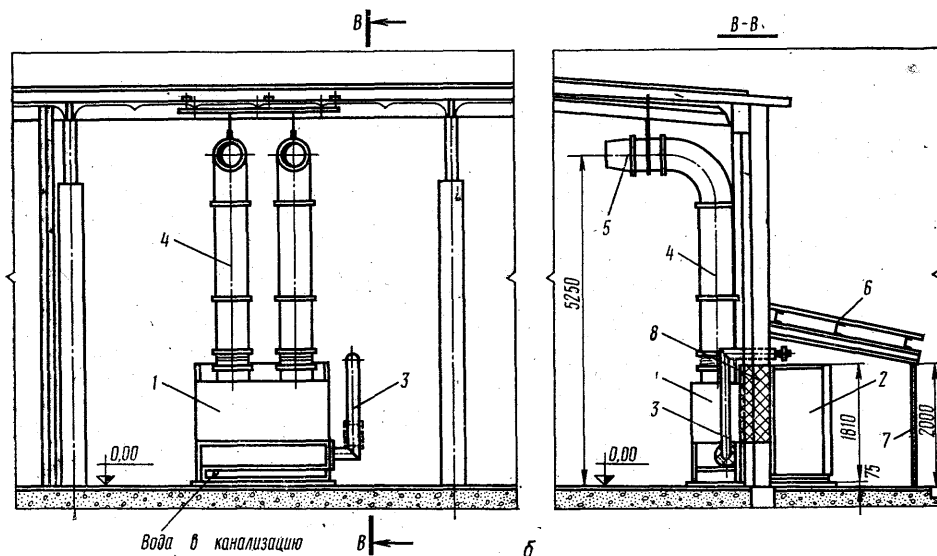


Рис. 1—23. Холодильник для фруктов и винограда емкостью 1200 т с децентрализованной системой охлаждения:

а — план и разрезы холодильника: 1—4 — камеры хранения фруктов; 5—8 — камеры хранения винограда; 9 — экспедиция; 10 — блок подсобных, бытовых и конторских помещений; 11 — грузовой коридор; 12 — железнодорожная платформа; 13 — автомобильная платформа; 14 — холодильно-нагревательная машина ХМФ-16; 15 — инспекционный транспортер ТСИ;

б — монтажная схема машины ХМФ-16: 1 — воздухоохладительный блок; 2 — компрессорно-конденсаторный блок; 3 — воздухоприемная труба (для вентиляции камеры); 4 — воздуховод; 5 — сопло; 6 — навес; 7 — сетчатое ограждение; 8 — теплоизолирующая перегородка.

Вспомогательные аппараты аммиачных холодильных установок

Отделители жидкости или вертикальные ресиверы. Эти аппараты устанавливают отдельно для каждой испарительной системы холодильника (по температурам кипения хладагента).

При расположении других потребителей холода (фабрика мороженого и др.), имеющих собственные аппаратные отделения, на расстоянии не менее 50 м от машинного отделения, на всасывающей магистрали, в машинном отделении следует устанавливать дополнительный отделитель жидкости, соединенный (по сливу) с дренажным ресивером, или вертикальный защитный ресивер.

Выбор необходимого размера отделителя жидкости или вертикального ресивера производят по диаметру газового трубопровода всасывающей магистрали с проверкой скорости паров аммиака в сосуде (аппарате), которая не должна превышать 0,5 м/с по формуле

$$w = \frac{G}{2830 D^2 q} \leq 0,5, \quad (I-41)$$

где G — количество паров аммиака, отсасываемое компрессорами при данной температуре кипения, кг/ч;

D — внутренний диаметр корпуса отделителя жидкости (вертикального ресивера), м;

q — плотность паров аммиака на всасывающей стороне компрессоров при данной температуре кипения, кг/м³.

Циркуляционные ресиверы. Эти ресиверы устанавливают в насосно-циркуляционных схемах в качестве емкостных сосудов отдельно на каждую испарительную систему (по температурам кипения). При этом можно использовать как горизонтальные ресиверы в комплексе с отделителями жидкости, так и вертикальные ресиверы, одновременно выполняющие роль отделителя жидкости и емкости.

Емкость циркуляционных ресиверов V (в м³) с учетом рабочего заполнения определяют (в зависимости от их типа, емкости обслуживаемой ими испарительной системы и принятой схемы подачи хладагента в приборы охлаждения) по следующим приближенным формулам:

а) при нижней подаче жидкого аммиака:

$$V_{ц.г}^H \geq 0,5 (V_6 + V_B) + V_{вс.тр} \cdot 0,25, \quad (I-42)$$

для вертикальных ресиверов

$$V_{ц.в}^H \geq 0,7 (V_6 + V_B) + V_{вс.тр} \cdot 0,25; \quad (I-43)$$

б) при верхней подаче жидкого аммиака: для горизонтальных ресиверов

$$V_{ц.г}^{B_6} \geq 2,25 (0,25V_6 + 0,5V_B) + V_{вс.тр} \cdot 0,25, \quad (I-44)$$

для вертикальных ресиверов

$$V_{ц.в}^{B_6} \geq 3,25 (0,25V_6 + 0,5V_B) + V_{вс.тр} \cdot 0,25, \quad (I-45)$$

где V_6 — геометрическая емкость труб батарей, м³;

V_B — геометрическая емкость труб воздухоохладителей, м³;

$V_{вс.тр}$ — емкость трубопроводов совмещенного отсасывания и слива циркулирующего жидкого аммиака.

В целях лучшего использования емкости горизонтальных и вертикальных циркуляционных ресиверов для приема жидкого аммиака, поступающего из испарительной системы, рекомендуется оснащать специальными стояками из труб диаметром 325×8, привариваемыми к аппаратам. Из этих стояков жидкий агент забирают аммиачными насосами. Благодаря наличию при этом необходимого столба подпора жидкости над насосом можно сократить рабочее заполнение ресивера до 10%.

Ресиверы защитные. Ресиверы этого типа (осушители) устанавливают в безнасосных схемах охлаждения на всасывающей магистрали каждой испарительной системы по температурам кипения. Защитные ресиверы можно применять горизонтального и вертикального типов. Емкость ресиверов V_3 (в м³) определяют по приближенным формулам:

$$V_{з.г} \geq 0,35 (V_6 + V_B), \quad (I-46)$$

вертикальные

$$V_{з.в} \geq 0,45 (V_6 + V_B). \quad (I-47)$$

Для крупных холодильных установок предусматривают не менее двух защитных ресиверов на каждую испарительную систему с целью обеспечения поочередного их освобождения от жидкого аммиака без остановки компрессоров.

При использовании в качестве циркуляционных и защитных ресиверов аппаратов горизонтального типа их устанавливают совместно с отделителями жидкости, komponуя в схеме как единый аппарат и осуществляя питание жидким аммиаком через соответствующий отделитель жидкости.

Вертикальные циркуляционные и защитные ресиверы при скорости паров в аппарате 0,5 м/с и ниже устанавливают без дополнительных отделителей жидкости.

Во всех случаях, когда это возможно (достаточная высота машинного или аппаратного отделения, устройство приемка), предпочтение следует отдавать вертикальным циркуляционным и защитным ресиверам, удобным в эксплуатации и занимающим меньшую площадь.

Ресиверы дренажные. Эти ресиверы необходимо включать в каждую холодильную установку с системой непосредственного охлаждения и в крупные установки с промежуточным хладоносителем для слива холодильного агента из отдельных аппаратов и приборов охлаждения камер.

Емкость дренажных ресиверов определяют, исходя из возможности приема жидкого аммиака из наиболее крупного аппарата (циркуляционного ресивера, промежуточного сосуда и пр.), либо всех приборов охлаждения наибольшей камеры хранения или замораживания с увеличением полученного расчетного объема на 20%. В качестве дренажных можно использовать ресиверы как горизонтального, так и вертикального типа.

Ресиверы линейные. Ресиверы данного типа устанавливают на стороне высокого давления после конденсаторов так, чтобы обеспечивался самотечный слив жидкого хладагента из конденсаторов. Емкость линейных ресиверов определяется с учетом допустимого заполнения их на 80% из расчета не менее: для систем с нижней подачей аммиака в приборы 45%, для систем с верхней подачей 30% от емкости труб батарей и воздухоохладителей всех потребителей холода с увеличением полученного расчетного объема на 20%. Линейные ресиверы предпочтительно устанавливать вне помещений; их следует ограждать и защищать навесом от солнечных лучей.

Промежуточные сосуды со змеевиком (теплообменником). Аппарат применяется в схемах двухступенчатого сжатия с промежуточным охлаждением и одноступенчатым дросселированием. Марку промежуточного сосуда выбирают по диаметру газового трубопровода всасывающей стороны компрессора высокого давления с проверкой скорости движения паров аммиака в аппарате, которая не должна превышать 0,5 м/с. Проверку производят по формуле ($I-41$), принимая: G (в кг/ч) — количество паров аммиака на выходе из промсосуда, q (в кг/м³) — плотность паров аммиака на всасывающей стороне компрессоров высокого давления.

Разность между температурами переохлажденной жидкости на выходе из змеевика и жидкости, кипящей в промежуточном сосуда при промежуточном давлении, следует принимать 4—6°С.

Маслоотделители. Аппараты включают в схемы аммиачных холодильных установок на

нагнетательной стороне компрессоров. Необходимую марку маслоотделителя выбирают по диаметру нагнетательного от компрессоров трубопровода с проверкой скорости паров аммиака в аппарате, которая не должна превышать 1 м/с. Проверку производят по формуле ($I-41$), принимая: G (в кг/ч) — количество газообразного аммиака, нагнетаемого компрессорами; ρ (в кг/м³) плотность паров аммиака на нагнетательной стороне компрессоров.

С целью наиболее полного отделения масла осуществляют барботаж паров аммиака в маслоотделителе с охлаждением их за счет подачи в маслоотделитель жидкого аммиака из конденсаторов или линейных ресиверов. Рекомендуется предусматривать индивидуальные маслоотделители после каждого компрессора с возвратом масла в картер для повторного использования при обязательной установке общего маслоотделителя перед конденсаторами.

Автоматические воздухоотделители. Аппараты целесообразно проектировать для систем, работающих при температуре кипения —30°С и ниже.

В установках с высокими температурами кипения воздух удаляют воздухоотделителями, входящими в конструкцию линейных ресиверов.

Фильтры. Их следует предусматривать на жидкостных трубопроводах с целью защиты автоматических приборов и арматуры от механических загрязнений. Фильтр необходимой марки выбирают по диаметру трубопровода.

Насосы

Для аммиачных холодильных установок с насосно-циркуляционной схемой непосредственного охлаждения рекомендуется применять герметичные бесшмазочные аммиачные насосы, которые следует устанавливать отдельно для каждой испарительной системы (по температурам кипения).

Производительность аммиачных насосов принимают: для схем с нижней подачей из расчета не менее 3—5-кратной циркуляции количества аммиака, испаряющегося в системе; для схем с верхней подачей — исходя из кратности циркуляции аммиака: 25—30 — для воздухоохладителей; 10—15 — для батарей с длиной шланга 50—100 м; 5—10 — для батарей с длиной шланга 100—200 м; 3—5 — для батарей с длиной шланга свыше 200 м. Здесь под кратностью циркуляции понимается отношение производительности насоса к количеству полученного пара.

Помимо основного рабочего насоса на каждую температуру кипения хладагента ре-

комендуется устанавливать дополнительный резервный насос. На всасывающей стороне аммиачных насосов необходимо обеспечивать гидростатический столб жидкости высотой 2,0—3,0 м при пренебрежимо малом гидравлическом сопротивлении всасывающего трубопровода. Для систем с пониженными температурами кипения следует принимать большие значения высоты столба.

Для циркуляции промежуточного хладоносителя рекомендуется применять насосы типа К (консольные), которые устанавливают на каждую испарительную систему по температурам хладоносителя.

Производительность насоса для промежуточного хладоносителя V (в м³/ч) определяют по формуле

$$V = \frac{3,6Q_0}{\rho_x c_x (t_{2x} - t_{1x})}, \quad (I-48)$$

где Q_0 — холодопроизводительность данной испарительной системы, Вт;

ρ_x — плотность хладоносителя при требуемой концентрации и средней температуре, кг/м³;

c_x — теплоемкость хладоносителя при требуемой концентрации и средней температуре, кДж/(кг·К);

t_{1x} и t_{2x} — температуры хладоносителя соответственно на входе и выходе из испарителя, °С.

Разность температур $t_{2x} - t_{1x}$ (в °С) следует принимать в зависимости от вида охлаждающих аппаратов: 2—3 — для батарей и воздухоохладителей; 4—6 — для технологических аппаратов, 1 — для мембранных аппаратов.

Концентрация хладоносителя должна соответствовать температуре замерзания, которая принимается на 8°С ниже соответствующей температуры кипения.

При подборе насосов следует стремиться к их однотипности и взаимозаменяемости по температурам хладоносителя. Помимо основных рабочих насосов необходимо предусматривать резервный насос с возможностью его работы на любую температуру хладоносителя.

Для циркуляции воды в оборотных системах водоснабжения холодильных установок рекомендуется применять насосы типа К (консольные).

Производительность насосов V (в м³/ч) определяют по формуле

$$V = \frac{3,6Q_k}{c_w (t_{2w} - t_{1w}) \rho_w}, \quad (I-49)$$

где Q_k — тепловая нагрузка конденсаторов холодильной установки, об-

служиваемых данным насосом, Вт;

c_w — удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг·К);

t_{1w} и t_{2w} — температуры воды соответственно на входе и выходе из конденсаторов;

ρ_w — плотность воды, кг/м³.

Нагрев воды в конденсаторах $t_{2w} - t_{1w}$ (в °С) следует принимать в зависимости от типа охлаждающего устройства, температуры и влажности наружного воздуха: 2—3 при охлаждении воды в брызгальных бассейнах, 3—4 при использовании открытых брызгальных или капельных градирен и 4—5 при наличии интенсивных охладителей воды — вентиляторных градирен.

Производительность насосов для обслуживания испарительных конденсаторов выбирают из расчета расхода воды не менее 0,3 м³/ч на 1 м² поверхности конденсатора. В целях обеспечения бесперебойной эксплуатации оборотных систем водоснабжения следует предусматривать: для систем холодопроизводительностью до 120 кВт — один рабочий и один резервный насос производительностью, равной максимальному часовому расходу воды; для систем холодопроизводительностью выше 120 кВт — два-три рабочих насоса производительностью, равной 40—60% максимального часового расхода воды, и один резервный насос такой же производительности. Для обеспечения более четкой системы автоматизации и экономичной работы каждый из испарительных конденсаторов оборудуют индивидуальным водяным насосом. В этом случае резервный насос не устанавливают.

При определении полного напора насоса H гидравлические потери в сети Δp (в Па) на трение и местные сопротивления находят по формуле

$$\Delta p = \lambda_{тр} \left(\frac{l}{d_{вн}} + \sum A \right) \frac{w^2}{2} \rho, \quad (I-50)$$

где $\lambda_{тр}$ — коэффициент сопротивления трения по длине трубопровода ($\lambda_{тр} = 0,035$ — для аммиака, $\lambda_{тр} = 0,04$ — для воды и хладоносителей);

l — длина трубопровода, м;

$d_{вн}$ — внутренний диаметр трубопровода, м;

$A = \frac{l_3}{d_{вн}}$ — коэффициент, учитывающий местные сопротивления (табл. I—15);

l_3 — длина трубопровода, потеря давления в котором от

Таблица I—15

Значение коэффициента A для различных местных сопротивлений

Местное сопротивление	Коэффициент A	Местное сопротивление	Коэффициент A
Проходной вентиль	340	Отвод 45°	$\frac{R}{d_n} = 0,5$ 26
Угловой вентиль	170		$\frac{R}{d_n} = 1$ 12
Задвижка открытая	6,9		$\frac{R}{d_n} = 2,5$ 6
Задвижка наполовину открытая	200		$\frac{R}{d_n} = 0,5$ 54
Обратный клапан	340	Отвод 180° (калач)	$\frac{R}{d_n} = 1$ 25
Тройник			$\frac{R}{d_n} = 2,5$ 12,5
на проходе	20		
на разветвлении	67		
на проходе с уменьшением сечения наполовину	32	Вход в трубу из сосуда	
Отвод 90° (угольник)	$\frac{R}{d_n} = 0,5$		Внезапное расширение
	$\frac{R}{d_n} = 1$		» $d_1 : d_2 = 1 : 4$ 32
	$\frac{R}{d_n} = 2,5$		» $d_1 : d_2 = 1 : 2$ 20
			» $d_1 : d_2 = 3 : 4$ 18,5
	40	Внезапное сужение	
	18,5		» $d_1 : d_2 = 1 : 4$ 15
	9,2		» $d_1 : d_2 = 1 : 2$ 12
			» $d_1 : d_2 = 3 : 4$ 6,9

Примечание. R (в м) — радиус поворота потока по оси трубы,
 d_n (в м) — наружный диаметр трубы.

трения эквивалентна местному сопротивлению, м;
 w — скорость движения среды в трубе, м/с;
 ρ — плотность жидкости, кг/м³.

Значения коэффициента A для наиболее часто применяемых видов запорной арматуры и фасонных частей трубопроводов приведены в табл. I—15.

Скорость движения сред (м/с) в трубопроводах насосов принимают: всасывающих 0,6—1,2, нагнетательных — до 1,5.

Необходимая мощность электродвигателей для привода насосов N (кВт):

$$N = \frac{VH}{3600\eta}, \quad (I-51)$$

где V — производительность насоса, м³/ч;
 H — необходимый полный напор, кПа;
 η — к. п. д. насоса (по данным каталогов или заводских паспортов).

При выборе электродвигателей следует учитывать следующие коэффициенты запаса (перегрузки).

N , кВт	Коэффициент запаса
До 2	1,5—1,7
2—5	1,3—1,5
5—50	1,10—1,15
50—100	1,05—1,08
Свыше 100	1,05

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Подземные холодильники для хранения скоропортящихся продуктов размещают в горных выработках, пещерах и других подземных полостях.

Подземное размещение холодильников по сравнению с наземным имеет ряд технических преимуществ: возможность использования горных пород в естественном залегании в качестве строительного и теплоизоляционного материала; долговечность сооружения и постоянство теплофизических свойств массива; сокращение расхода холода для обеспечения заданных температурных режимов во времени; равномерность работы холодильной установки в течение года; повышенная аккумулирующая способность ограждений (вмещающих горных пород), позволяющая длительное время сохранять режимы в камерах в случае отключения холодильных машин; возможность существенно сократить земельный участок для устройства промплощадки; уменьшение пожароопасности; обеспечение естественной маскировки и неуязвимости предприятия.

Наряду с преимуществами подземные холодильники имеют и недостатки: узкий фронт погрузочно-разгрузочных работ; значительная протяженность коридоров, камер и коммуникаций; длительное предварительное охлаждение горных пород перед загрузкой холодильника; необходимость в ряде случаев предохранения стен и кровли выработок от обрушения; неполное использование строительного объема в связи с наличием опорных целиков и большой протяженностью камер хранения.

Требования к горным выработкам

К подземным полостям, предназначенным для сооружения холодильников, предъявляют следующие требования:

они должны размещаться в достаточно прочных, морозостойчивых и непучинистых горных породах;

ширина их должна быть не менее 6—7 м, высота — не ниже 4—5 м (для проезда электропогрузчиков, электротележек и электроштабелеров внутри помещения);

полы подземных помещений и въездов в них должны быть горизонтальными, допускающими штабелирование грузовых пакетов на поддонах и передвижение погрузочно-разгрузочных механизмов;

подземные полости должны находиться в хорошем санитарном состоянии, быть сухими и не затопляться грунтовыми, паводковыми и другими водами;

территория перед используемыми подземными полостями должна быть достаточной для размещения комплекса наземных подсобно-вспомогательных и административно-бытовых сооружений холодильника и обеспечивать необходимый фронт погрузочно-разгрузочных работ;

подземные полости должны иметь удобные автомобильные подъезды и железнодорожные подъездные пути, при отсутствии последних их следует располагать рядом с железнодорожными станционными путями;

вблизи подземных пространств должны проходить необходимые инженерные коммуникации для обеспечения холодильника электроэнергией, водой, теплом, газом, канализацией и пр.;

подземные полости должны размещаться в районах, характеризующихся дефицитом холодильных емкостей, около основных мест производства или потребления скоропортящихся пищевых продуктов.

Принципиальные варианты размещения подземных холодильников

Возможны четыре основные принципиальные варианты размещения подземных холодильников: в специально возводимых подземных выработках; в отработанных горных выработках; в выработках, пройденных по заданным параметрам при разработке полезных ископаемых; в пещерах, катакомбах и прочих бесхозных выработках.

Специальное подземное строительство является наиболее универсальным вариантом использования подземного пространства для размещения холодильников. В этом случае можно выбрать наиболее благоприятные естественные (главным образом геологические) и общезкономические условия. Этот вариант представляет наибольший интерес в горных районах, курортных зонах, районах с высокоинтенсивным сельским хозяйством, в зонах вечной мерзлоты и т. д.

Подземные холодильники, размещенные в специально пройденных подземных выработках, отличаются простотой планировки, большими размерами камер хранения и вспомогательных помещений. Они примерно на 20—40% дороже наземных холодильников той же емкости. Однако меньшие эксплуатационные расходы (за счет ремонта, замены теплоизоляции, отопления, расходов холода) окупают разницу в капитальных вложениях.

Размещение подземного холодильника в отработанных горных выработках позволяет использовать уже готовые полости, образовавшиеся в результате выемки минерального сырья, главным образом известняка и гипса. Камеры, образующиеся при разработке карбонатных и сульфатных месторождений, характеризуются достаточными размерами для размещения складских помещений и нормального функционирования транспортного и холодильного оборудования.

Однако использование готовых подземных полостей под строительство холодильников связано с определенными трудностями: удаленность разрабатываемых месторождений от основных потребителей продуктов хранения; уклоны выработок, препятствующие применению типового аккумуляторного транспортного оборудования; рваная поверхность камер и целиков; большая протяженность камер хранения; значительное количество больших сбоек между камерами и пр.

Выработки, пройденные по параметрам, задаваемым их потенциальным потребителем, в процессе разработки месторождений известняка и гипса в значительно большей степени удовлетворяют требованиям, предъявляемым к современным складским помещениям. При их проектировании можно учесть ряд факторов, существенных для нормального функционирования будущего холодильника, исходя из наиболее прогрессивных объемно-планировочных решений и технологических схем. При этом целенаправленная отработка определенной части месторождения вызывает некоторое увеличение себестоимости разрабатываемого минерального сырья, которое должно быть возмещено будущими потребителями выработанного пространства. Для холодильников такое удорожание может достигать нескольких десятков процентов от себестоимости продукции горнодобывающего предприятия.

Представляет особый интерес выемка по заданным параметрам в случаях, когда горные выработки проходятся в борту карьера и, таким образом, лишь небольшая часть месторождения разрабатывается подземным способом. Этот путь характеризуется большими потенциальными возможностями, так как открытый способ добычи известняка, гранита, гипса широко распространен в многочисленных районах страны.

Использование пещер, катакомб и других бесхозных выработок под холодильники в принципе возможно лишь для размещения небольших объектов. Широких перспектив этот вариант не имеет из-за сложности подготовительных работ, связанных с хаотическим характером расположения и недостаточной устойчивостью таких выработок.

В СССР эксплуатируется ряд подземных холодильников в Среднем Поволжье, Украинской ССР, Грузинской ССР. Большинство отечественных подземных холодильников размещено в отработанных горных выработках, пройденных без учета их вторичного использования. Этим обусловлены основные технические недостатки: невысокий уровень механизации погрузочно-разгрузочных работ, недостаточное использование строительного объема камер, возможность хранения ограниченного ассорти-

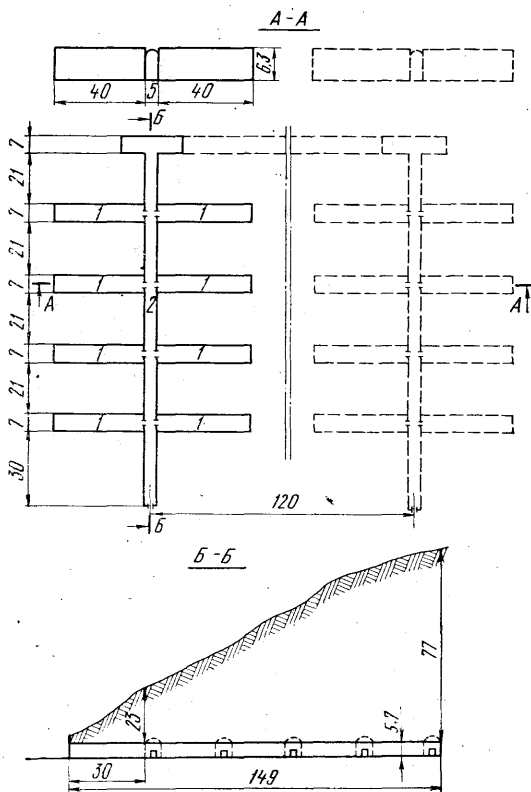


Рис. 1—24. Объемно-планировочное решение подземного фруктохранилища емкостью 1800 т в Грузинской ССР:

1—холодильная камера хранения; 2—грузовой коридор (пунктирная линия — перспективное расширение)

мента продуктов, большие объемы транспортно-грузовых операций, значительная протяженность и разветвленность коммуникаций. Указанные недостатки, присущие отработанным горным выработкам, удается избежать при специальном подземном строительстве, что подтверждает опыт эксплуатации подземного фруктохранилища в Грузинской ССР (рис. 1—24).

Краткая характеристика и основные технические показатели отечественных подземных холодильников приведены в табл. I—16. Опыт их строительства и эксплуатации позволяет сделать следующие выводы: подземные холодильники наиболее рационально размещать в специально построенных подземных полостях или в выработках, отработанных с учетом последующего их использования; объемы горно-

Таблица I—16

Основные технические данные некоторых действующих подземных холодильников

Показатели	Среднее Поволжье	Грузинская ССР
Температура, °С	0÷—2; —18	Около 0
Емкость, т	14400	1800
Строительный объем, м³	65000	20400
Горные породы	Известняк	Метаморфизованные осадочные
Тип выработок	Отработанные	Специальные
Глубина заложения, м	60—100	До 200
Естественная температура горных пород, °С	8	12
Размеры камер хранения пролет, м	5—10	7
высота, м	3,4—4,2	5,7 и 6,3
Размеры целиков, м	5,0÷8,0	20,0
Теплоизоляция	Отсутствует	Отсутствует
Крепление	Анкеры, по сетке 1×1 м	Бетон, 40 см
Производительность холодильной установки, тыс. ккал/ч	3500	288
Расположение машинного отделения	На поверхности	На поверхности
Система охлаждения	Рассольно-аммиачная	Рассольно-аммиачная
Приборы охлаждения	Батарей	Воздухоохладители

строительных работ изменяются в широких пределах, что обусловлено главным образом геологическими условиями района; при организации в подземном холодильнике внутрискладского транспорта наилучшим решением является ввод внешних транспортных коммуникаций (автомобильных и железнодорожных) непосредственно в холодильник, как можно ближе к камерам хранения с тем, чтобы свести к минимуму затраты на транспортно-грузовые операции; подземные холодильники следует оборудовать мощными холодильными установками, обеспечивающими быстрое (в течение нескольких месяцев) предварительное охлаж-

дение окружающих горных пород перед загрузкой холодильника.

Приспособление готовых выработок под распределительный холодильник в благоприятных естественных и горнотехнических условиях по главному корпусу обходится на 15—20% дешевле наземного. Специальное строительство подземного распределительного холодильника на 20—40% дороже наземного, это удорожание компенсируется за несколько лет.

Объемно-планировочные и конструктивные решения

При использовании отработанных горных выработок конструктивные параметры подземного холодильника обуславливаются системой разработки месторождения. При специальном подземном строительстве они задаются в соответствии с технологией производства, соотносясь с геологическими особенностями участка строительства, а при использовании выработок по заданным параметрам — определяются сочетанием горнотехнологических параметров с потребностями подземного предприятия.

Используемые в качестве холодильников отработанные горные выработки представляют собой выемочные камеры, главным образом известняковых и гипсовых шахт. Глубина залегания обрабатываемых пластов колеблется в пределах от 15 до 60 м, пролеты камер от 6 до 20 м (обычно 10—12 м), высота от 3,5 до 9,0 м (чаще 4—6 м), длина от нескольких десятков до нескольких сотен метров. В кровле и подошве камер для обеспечения их устойчивости оставляют пакки полезного ископаемого толщиной 2—5 м. Размеры опорных междукamerных целиков, определяющих площадь холодильника, изменяются в широких пределах в зависимости от размеров камер, глубины разработки, прочности пород и формы целиков. Ширина целика равна или несколько меньше пролета камер. В плане целики представляют собой полосы или колонны. Пример объемно-планировочного решения холодильника, размещенного в отработанных горных выработках, приведен на рис. I—25. В отличие от холодильника, изображенного на рис. I—25, холодильники в выработках, пройденных по заданным параметрам, имеют несколько большие пролеты камер и размеры целиков, более компактное их размещение, лучшую связь с поверхностью, меньшее количество сбоек.

Наиболее простой является планировка холодильников, размещаемых в специально созданных подземных полостях; это одна или две транспортные штольни и несколько больших камер, соединенных между собой сбойками. Размеры таких камер хранения в зависи-

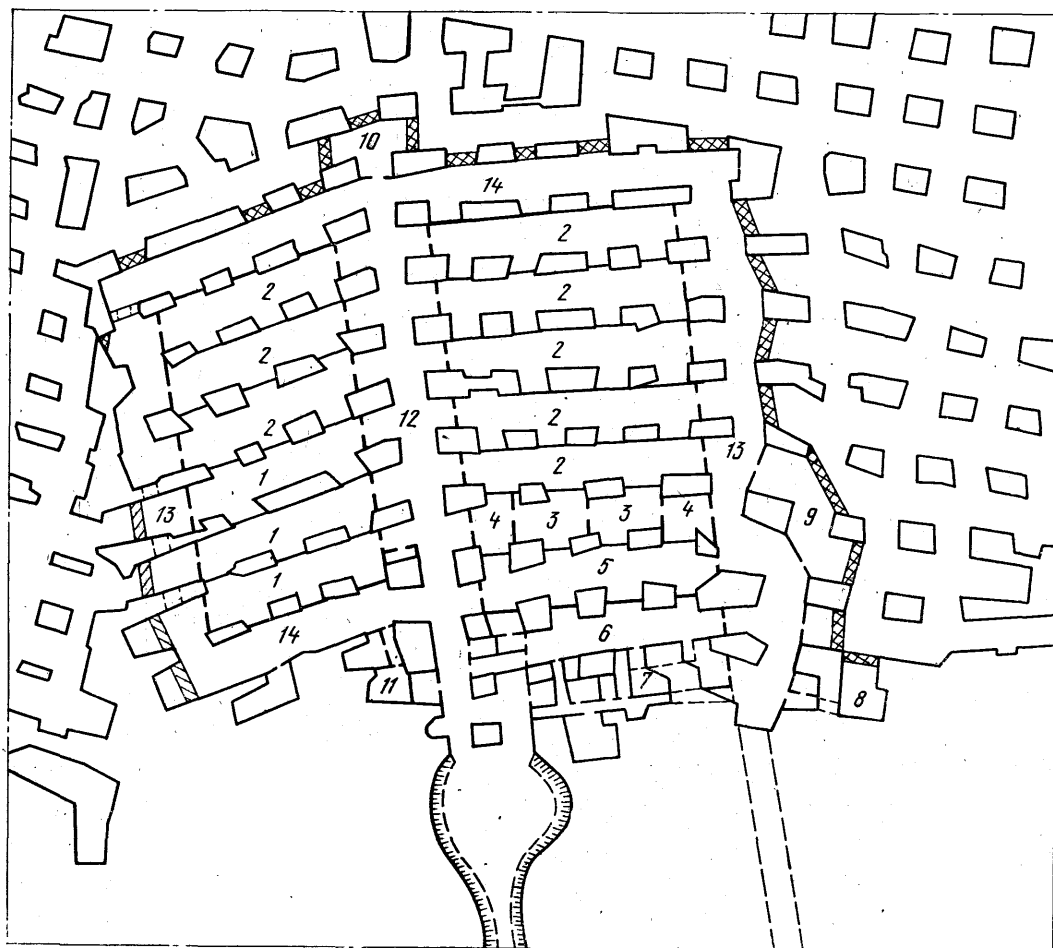


Рис. 1—25. Планировочное решение подземного распределительного холодильника емкостью 10000 т, размещенного в гипсовой шахте на отработанном участке шахтного поля:

1—камера хранения охлажденных грузов ($t=0^{\circ}\text{C}$); 2—камера хранения замороженных грузов ($t=-20^{\circ}\text{C}$); 3—камера замораживания ($t=-25^{\circ}\text{C}$); 4—загрузочно-разгрузочная камера ($t=-20^{\circ}\text{C}$); 5—экспедиция ($t=-10^{\circ}\text{C}$); 6—машинное отделение; 7—подсобно-бытовые помещения машинного отделения; 8—насосная оборотного водоснабжения; 9—материальный склад; 10—аппаратная; 11—контрольные и бытовые помещения охлаждаемого склада; 12—центральный ствол; 13—фланговый ствол; 14—соединительный коридор.

мости от прочностных характеристик горных пород изменяются в следующих пределах: пролет от 10 до 20 м, высота от 4,0 до 9,0 м, длина от нескольких десятков до 200 м.

Компоновка подземного холодильника, размещаемого в специально сооружаемых выработках в граните и прочном известняке, приведена на рис. 1—26. Исходные данные для проектирования: пролет камер 10 м в известняке

и 15—20 м в граните, глубина заложения до 100 м. Расположение машинного отделения — подземное.

Ширину опорных целиков в граните принимают по конструктивным соображениям и необходимости обеспечения достаточного термического сопротивления между камерами с различной температурой, ширина известняковых целиков равна 7 м. Характеристика объемно-плани-

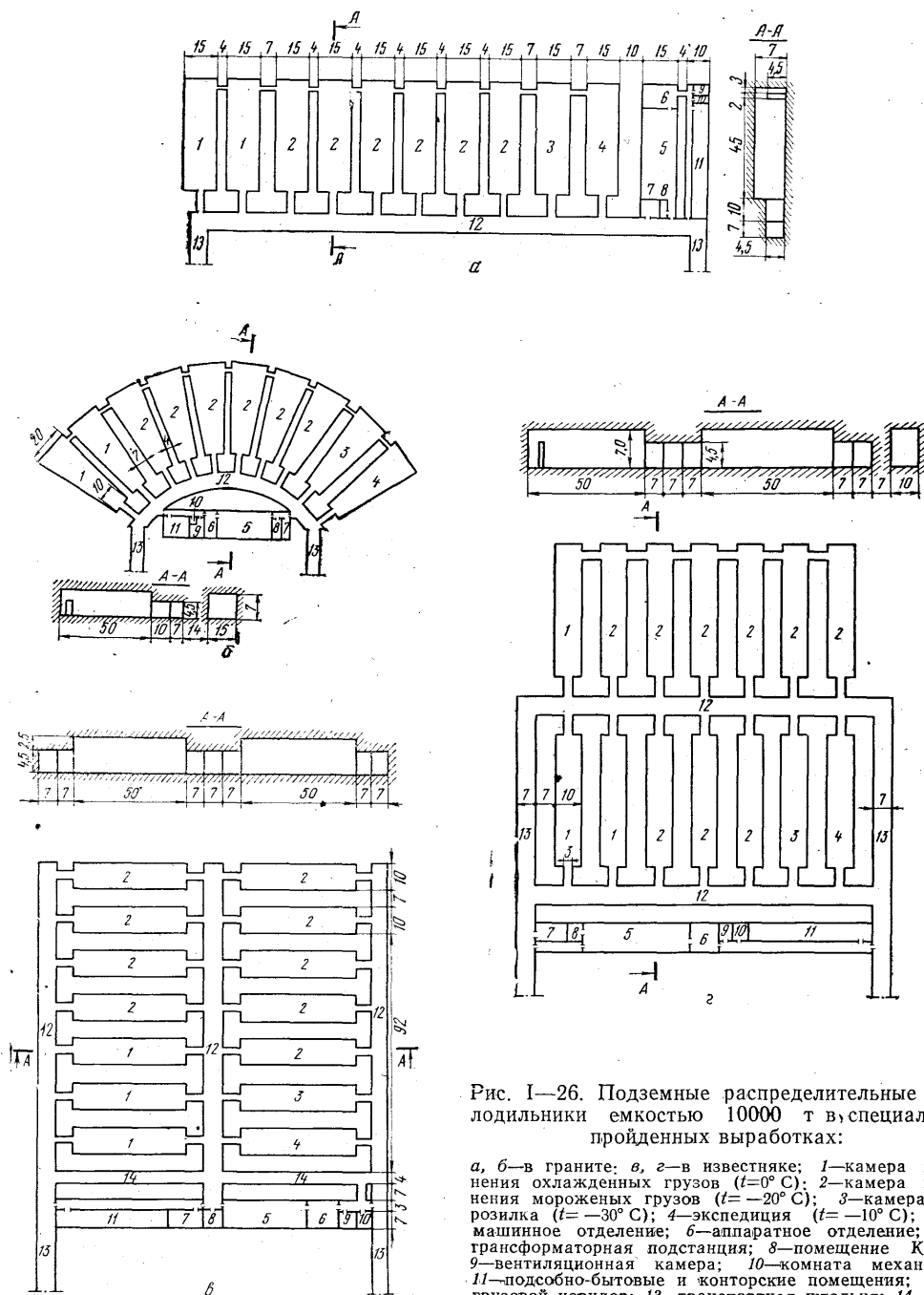


Рис. I—26. Подземные распределительные холодильники емкостью 10000 т в специально пройденных выработках:

а, б—в граните; в, г—в известняке; 1—камера хранения охлажденных грузов ($t=0^{\circ}\text{C}$); 2—камера хранения мороженных грузов ($t=-20^{\circ}\text{C}$); 3—камера-морозилка ($t=-30^{\circ}\text{C}$); 4—экспедиция ($t=-10^{\circ}\text{C}$); 5—машинное отделение; 6—аппаратное отделение; 7—трансформаторная подстанция; 8—помещение КИП; 9—вентиляционная камера; 10—комната механика; 11—подсобно-бытовые и конторские помещения; 12—грузовой коридор; 13—транспортная штольня; 14—соединительный коридор.

ровочных решений подземных холодильников специального строительства, указанных на рис. 1—26, приведена в табл. 1—17.

Во всех случаях при решении планировок подземных холодильников рекомендуется исходить из следующих основных положений. Подземные холодильники должны иметь не менее двух отдельных выходов на поверхность, приспособленных для продвижения по ним людей. Общее количество входов устанавливается в зависимости от размеров и назначения сооружения. При наличии двух рядов расположенных штолен с размерами, достаточными для движения людей и транспортных средств, предусматривают в них одностороннее движение, используя одну штольню для въезда в подземное сооружение, а другую — для выезда из него.

При использовании для въезда и выезда транспортных средств одной штольни с размерами, не позволяющими организовать встречное движение, предусматривают устройство развязок в них.

При подаче железнодорожных вагонов и автомобильного транспорта непосредственно в штольни железную и автомобильную дороги рекомендуется размещать в специальной траншее с таким расчетом, чтобы полы штольни и камер были на одном уровне с полом вагона или автомобильного кузова.

Выработки или их часть, предназначенные под охлаждаемый склад, должны быть разбиты на зоны, в которых komponуются камеры с одинаковыми температурами. Температурные зоны охлаждаемого склада отделяются от остальной части выработок целиками или перемычками с теплоизоляционным слоем.

Камеры замораживания располагают в охлаждаемом контуре выработок в местах, определяемых направлением грузопотоков. Устройство холодильных камер с универсальным температурным режимом (для хранения мороженых или охлажденных продуктов) в горных выработках не допускается.

Машинное и аппаратное отделения холодильной установки, а также производственно-вспомогательные и административно-бытовые помещения необходимо располагать в части выработок, вне зоны влияния низких температур горного массива.

Взаимное расположение охлаждаемых камер, штолен, коридоров и производственно-вспомогательных помещений подземного холодильника должно обеспечивать минимальную протяженность транспортных путей и технологических коммуникаций. Подземные выработки, используемые для размещения складских объектов, чаще всего не крепят. Применяют облицовку защитным слоем торкрет-бетона толщиной в несколько сантиметров, предохраняю-

щую от падения мелких кусков пород и придающую камерам опрятный вид. В случае необходимости крепления применяют чаще всего анкерную крепь с металлической сеткой, реже — железобетонную.

Конструкция крепи выработок должна приниматься на основании сравнительных технико-экономических расчетов. Для укрепления лобовых откосов, отвода поверхностных вод и оформления входов и выходов в устьях штолен и наклонных стволов предусматривается устройство порталов, которые проектируются, как правило, из сборного или монолитного железобетона. Конструкция порталов принимается в соответствии с требованиями СНиП П-Д. 8—62 «Тоннели железнодорожные и автодорожные. Нормы проектирования». Припортальные участки (устья) штольни и наклонных стволов во всех случаях должны иметь огнестойкую крепь на длине не менее 10 м.

Теплоизоляция поверхности горных пород не предусматривается, за исключением участков камер, примыкающих к неохлаждаемому пространству (двери, транспортные и вентиляционные сбойки, перемычки). В этих случаях изоляционным слоем покрывается поверхность выработки со стороны низкой температуры. С целью скорейшего охлаждения горного массива и уменьшения теплопритоков к поверхности выработок может быть применена теплоизоляция. Использование теплоизоляции целесообразно, когда она одновременно выполняет и функции отделки поверхности. В подземных сооружениях в качестве теплоизоляционного материала наиболее целесообразно применение пенополиуретана, так как этот материал наносится путем напыления на неровную поверхность выработок. Напыление уретанового покрытия производят специальной передвижной малогабаритной установкой.

Применение теплоизоляционных, а также влагозащитных покрытий должно быть обосновано технико-экономическими расчетами с учетом стоимости материала покрытия, затрат на его нанесение и эксплуатационных расходов по обеспечению заданных термовлажностных режимов.

При наличии в подземном холодильнике камер хранения мороженых продуктов следует определять возможность температурного растрескивания пород в кровле выработок вследствие понижения их температуры.

Калорические и геотеплофизические расчеты

Калорические расчеты подземных холодильников производятся аналогично расчетам наземных холодильников в соответствии с тре-

Характеристика объемно-планировочных решений подземных

№ вариантов	Условная емкость холодиль- ника $G_{\text{усл}}, \text{т}$	Площадь выработок, м^2			Объем выработок,	
		общая $F_{\text{общ}}$	охлаждаемых камер (полезная) $F_{\text{пол}}$	вспомогатель- ных помеще- ний, коридоров, $F_{\text{всп}}$	общий $V_{\text{общ}}$	охлаждаемых камер (полезный) $V_{\text{пол}}$
1 (см. рис. I—26, а)	10900	11200	7500	3700	71000	52500
2 (см. рис. I—26, б)	10900	10100	7500	2600	67000	52500
3 (см. рис. I—26, в)	9700	12800	7000	5800	78500	49000
4 (см. рис. I—26, г)	9850	12000	7000	5200	75600	49000

бованиями СНиП II—А.7—71 («Строительная теплотехника. Нормы проектирования») и СНиП II—105—74 («Холодильники»), за исключением расхода холода на теплопередачу через ограждения камер, который определяется на основании геотеплофизических расчетов.

Геотеплофизическими расчетами определяют плотность теплового потока из массива горных пород к поверхности холодильника; продолжительность предварительного (предэксплуатационного) охлаждения горных пород от естественной (начальной) температуры до заданной; мощность слоя промерзающих горных пород в кровле и подошве подземного холодильника; поток влаги с поверхности выработок.

Параметры состояния воздуха на поверхности принимают по климатологическим справоч-

никам и СНиП II—А.6—72 («Строительная климатология и геофизика». Основные положения проектирования).

Площадь поперечного сечения выработок и рабочих камер, объемы и поверхности подземных помещений, естественную температуру и влажность горных пород, теплофизические и массообменные их свойства принимают по данным инженерных изысканий.

При отсутствии данных изысканий для ориентировочных расчетов естественную температуру горных пород на глубине 25 м принимают на 3°C выше средней годовой температуры воздуха в данном районе с увеличением на 3°C на каждые 100 м глубины свыше 25 м, а теплофизические свойства горных пород — по табл. I—18.

Таблица I—18

Теплофизические свойства горных пород

Горные породы	Объемная масса ρ , кг/м^3	Массовая влажность W , %	Удельная теплемкость c , $\text{кДж/(кг}\cdot\text{К)}$	Коэффициент	
				теплопровод- ности λ , $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	температуро- проводности $\alpha\cdot 10^6$, $\text{м}^2/\text{с}$
Песчаник (средней величины)	2500	2—5	0,835	2,56	1,22
Глинистый и песчано-глинистый сланец	2450	2—7	0,92	1,75	0,81
Мрамор	2700	до 1	0,419	1,28	1,14
Гранит	2700	до 1	0,92	2,21	0,89
Известняк плотный тонкозерни- стый, органогенный	2700	2—3	0,92	2,56	0,97
Доломит	2650	1—2	0,92	1,75	0,7
Гипс	2350	2—3	1,47	1,16	0,33
Ангидрит	2400	1—2	1,67	1,16	0,278
Ракушечник	1800	7—10	0,835	0,7	0,47
»	1400	7—10	0,835	0,465	0,39

холодильников, размещаемых в различных горных породах

м ²	вспомогательных помещений, коридоров, V _{всп}	Поверхность теплообмена с окружающими горными породами F _{тепл} , м ²	Протяженность транспортных коммуникаций, м		Протяженность трубопроводных коммуникаций, м		Оценка использования выработок		
			L _{макс}	L _{мин}	L _{макс}	L _{мин}	по площади $\frac{F_{пол}}{F_{общ}}$	по объему $\frac{V_{пол}}{V_{общ}}$	по емкости $\frac{V_{общ}}{G_{усл}}$
	18500	22900	160	45	220	40	0,67	0,74	8,7
	14500	22900	145	40	100	30	0,74	0,78	8,6
	29500	26900	170	65	140	35	0,55	0,62	9,0
	26600	26900	230	70	95	25	0,57	0,65	8,9

При слоистом строении покрывающих и подстилающих подземное сооружение горных пород расчетные значения теплофизических характеристик можно определять по выражению

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \lambda_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (I-52)$$

где λ — расчетное значение коэффициента теплопроводности, Вт/(м·К);
 λ_i — коэффициент теплопроводности в пределах одного слоя, Вт/(м·К);
 n — количество слоев, характеризующихся различными теплофизическими свойствами в пределах зоны температурного влияния подземного сооружения;
 h_i — высота соответствующего слоя пород, м.

Коэффициент теплоотдачи α при скорости движения воздуха до 0,3 м/с принимают согласно СНиП II—A.7—71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования» равным 8,7 Вт/(м²·К) (7,5 ккал/(м²·ч·°С); при скорости движения воздуха 0,3—0,5 м/с он увеличивается до 11,6 Вт/(м²·К) (10 ккал/(м²·ч·°С)).

Геотеплофизические расчеты производят отдельно для каждой зоны, в которую komponуются камеры хранения с одинаковыми температурными и влажностными режимами.

Теплопритоки из среды, окружающей подземные охлаждаемые сооружения Q_1 , включают тепловой поток из массива горных пород, покрывающих и подстилающих горные выработки Q_1' , тепловой поток через целики и перегородки, отделяющие темпера-

турную зону от неиспользуемого выработанного пространства или от зоны с иными температурно-влажностными режимами соответственно Q_1'' и Q_1''' .

Тепловой поток из массива горных пород, покрывающих и подстилающих горные выработки, определяют по формуле

$$Q_1' = 2qF, \quad (I-53)$$

где q — плотность теплового потока из горного массива, Вт/м²;

F — площадь пола зоны (включая целики) с одинаковой температурой хранения, м².

Для необработанных (рваных) поверхностей выработок величину F следует увеличить примерно в 1,5 раза.

Расчет плотности теплового потока из горной породы. Плотность теплового потока из массива горных пород к поверхности охлаждаемых камер подземного холодильника q определяют по формулам:

при массовой относительной влажности горных пород меньше 3% ($W < 3\%$)

$$q = \frac{1,35\lambda(t_n - t_w)}{\sqrt{\pi a t \cdot 3600}}; \quad (I-54)$$

при массовой относительной влажности горных пород больше или равной 3% ($W \geq 3\%$)

$$q = 0,7\eta_w \sqrt{\frac{\lambda(t_s - t_n)(Q_\phi + Q_T)}{3600\pi}}, \quad (I-55)$$

где λ — коэффициент теплопроводности горных пород, Вт/(м·К);
 t_n — естественная температура горных пород, °С;

t_n — температура поверхности выработок, равная заданной технологической температуре камер хранения, °C;

α — коэффициент температуропроводности горных пород, м²/с;

τ — продолжительность работы холодильной установки, ч;

η_w — коэффициент, зависящий от массовой относительной влажности горной породы W :

$W, \%$	3	5	7	10	15
η_w	2,0	1,75	1,5	1,4	1,2

t_3 — температура замёрзания влаги в горных породах, °C;

Q_Φ — количество тепла, расходуемое на замораживание влаги, содержащейся в 1 м³ горной породы, Дж/м³:

$$Q_\Phi = rW_{об}, \quad (I-56)$$

r — теплота плавления льда, Дж/кг ($r = 335 \cdot 10^3$);

$W_{об}$ — количество влаги, содержащейся в 1 м³ горной породы, кг;

Q_τ — количество тепла, расходуемое на изменение теплоемкости промерзающего слоя, Дж/м³:

$$Q_\tau = \frac{cq(t_3 - t_n)}{2}, \quad (I-57)$$

c — удельная теплоемкость горных пород, Дж/(кг·K);

q — объемная масса горных пород, кг/м³.

При определении плотности теплового потока q по приведенным формулам наибольшие затруднения вызывает выбор расчетной величины τ . При увеличении расчетного значения τ резко возрастет продолжительность предварительного охлаждения горных пород, а следовательно, задержится и сдача объекта в эксплуатацию, при уменьшении τ производительность холодильных машин быстро превысит требуемую для нормальной эксплуатации холодильника.

При расчете теплообмена с окружающим массивом горных пород целесообразно принимать плотность теплового потока q , соответствующую второму году охлаждения подземных выработок. В этом случае обеспечивается оптимальный резерв производительности холодильных установок, необходимый для первых лет эксплуатации холодильника.

Постепенное снижение q с течением времени и, следовательно, уменьшение потребной производительности холодильной установки следует учитывать в дальнейшем при замене отработавших машин и аппаратов на новые.

Расчетные формулы для определения плотности теплового потока из массива горных пород при продолжительности их охлаждения два года (17280 ч) принимают вид:

при массовой относительной влажности горных пород $W < 3\%$

$$q = \frac{5,82\lambda(t_n - t_n)10^{-3}}{\sqrt{a}}, \quad (I-58)$$

при массовой относительной влажности горных пород $W \geq 3\%$

$$q = 5,3 \cdot 10^{-3} \eta_w \sqrt{\lambda(t_3 - t_n)(Q_\Phi + Q_\tau)}. \quad (I-59)$$

Теплопередачу через целики и перемычки по границе температурной зоны рассчитывают по формулам:

$$Q_1' = k_n \sum F_n (t_{окр} - t_n);$$

$$Q_1'' = k_n (t_{окр} - t_n) \sum F_n, \quad (I-60)$$

где $\sum F_n$ и $\sum F_n$ — поверхность теплообмена целиков и перемычек по границе температурной зоны, м²;

k_n и k_n — коэффициенты теплопередачи соответственно целиков и перемычек (перегородок), Вт/(м²·K);

$t_{окр}$ — температура окружающего неиспользуемого выработанного пространства или смежных помещений, °C.

Расчет длительности предварительного охлаждения. Длительность предварительного охлаждения подземного сооружения с отрицательной температурой рассчитывают по следующим формулам:

при относительной массовой влажности горных пород менее 3% ($W < 3\%$)

$$\tau_0 = \frac{0,3\eta_k k_d}{3600} \left[\frac{\lambda(t_n - t_n)}{q_0 \sqrt{a} \exp m(t_n - \theta)} \right]^2, \quad (I-61)$$

при относительной массовой влажности горных пород $W \geq 3\%$

$$\tau_0 = \frac{\eta_w k_d}{2 \cdot 3600} \times \left[\frac{\sqrt{\lambda(t_3 - t_n)(Q_\Phi + Q_\tau)}}{q_0 \exp m(t_n - \theta)} \right]^2, \quad (I-62)$$

где m — коэффициент, характеризующий тип хладагента, 1/град (для аммиака $m = 0,0555$; для фреона-12 $m = 0,038$; для фреона-22 $m = 0,045$);

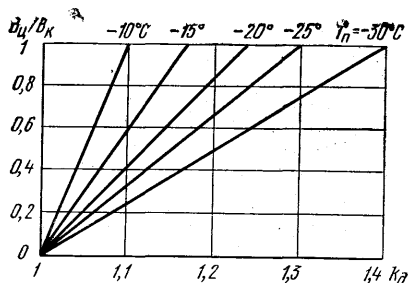


Рис. I—27. График для определения поправочного коэффициента k_q

θ — разность между температурой воздуха в охлаждаемом помещении t_n и температурой кипения хладагента (для системы с непосредственным охлаждением $\theta = 10^\circ\text{C}$, для системы с рассольным охлаждением $\theta = 15^\circ\text{C}$);

k_x — коэффициент, учитывающий наличие опорных целиков и зависящий от отношения ширины целика B_c к пролету камеры B_k и температуры в охлаждаемом помещении t_n (значения коэффициента k_d приведены на рис. I—27);

$\eta, \eta_{w'}$ — поправки, учитывающие условия на поверхности охлаждения; величина поправок зависит от разности температур между воздухом и кипящим холодильным агентом θ и относительной массовой влажности горной породы W :

$\theta, ^\circ\text{C}$	0	10	15
η	1,25	2,0	2,4

для $\eta_{w'}$:

$W, \%$	10			5			3		
$\theta, ^\circ\text{C}$	0	10	15	0	10	15	0	10	15
$\eta_{w'}$	1,2	2,0	2,4	2,1	3,5	4,2	2,7	4,5	5,4

q_0 — плотность теплового потока, обеспечиваемая холодильной машиной, при температуре кипения хладагента, равной 0°C и при $t_n \approx 10^\circ\text{C}$

$$q_0 = \frac{Q_n - (Q_1' + Q_1'' + Q_4)}{2F \exp m(t_n - \theta)}, \quad (\text{I-63})$$

здесь Q_n — суммарная рабочая производительность холодильных машин, обслуживающих данную температурную зону, Вт;

Q_4 — эксплуатационные потери холода, включая потери в сети и поправку, учитывающую неполное время работы компрессоров в сутки, Вт.

Расчет глубины промерзания горных пород. Глубину промерзания горных пород в подошве и кровле подземных охлаждаемых сооружений рассчитывают по формуле

$$H_n = \sqrt{\frac{2\lambda(t_3 - t_n)\tau \cdot 3600}{Q_\phi + Q_\tau} + \Pi^2 - \Pi}, \quad (\text{I-64})$$

где H_n — глубина промерзания горных пород в кровле и подошве за расчетный период эксплуатации холодильника, м;

τ — продолжительность эксплуатации подземного холодильника (при работе холодильной установки), ч;

Π — параметр (в м), зависящий от потока тепла к границе промерзания и суммы Q_ϕ и Q_τ :

$$\Pi = \frac{5q_n\tau \cdot 3600}{6(Q_\phi + Q_\tau)}, \quad (\text{I-65})$$

q_n — среднеинтегральное значение теплового потока к границе промерзания (Вт/м^2) зависит от теплофизических свойств горных пород

$$q_n = \frac{1,13t_n\sqrt{c\rho\lambda}}{\sqrt{\tau \cdot 3600}}. \quad (\text{I-66})$$

При расчете глубины промерзания горных пород на второй год эксплуатации подземно-

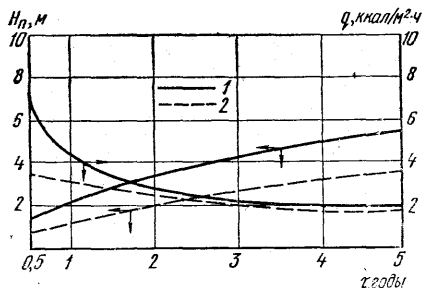


Рис. I—28. Характер изменения плотности теплового потока и глубины промерзания массива горных пород в зависимости от продолжительности эксплуатации:

1—без теплоизоляции; 2—с теплоизоляцией.

го холодильника Π и q_n определяют по формулам

$$\Pi = 14,4 \cdot 10^3 \frac{q_n}{Q_\phi + Q_r} \quad (I-67)$$

$$q_n = 8,6 t_n \cdot 10^{-3} \sqrt{c \rho \lambda}. \quad (I-68)$$

При наличии теплоизоляции поверхности выработок промерзание горных пород и плотность теплового потока уменьшаются. Характер изменения H_n и q_n во времени для усредненных теплофизических характеристик приведен на рис. I—28.

Расчет потока влаги с поверхности выработки. q_w [в нкг/(м²·с)] определяют по выражению

$$q_w = \beta (p_2 - p_1), \quad (I-69)$$

где p_2 — упругость пара у поверхности выработки при относительной влажности 100% и температуре поверхности выработки, Па;

p_1 — упругость пара в воздухе при заданных относительной влажности воздуха и его температуре, Па;

β — коэффициент массоотдачи, нкг/(м²·Па·с) (1 нкг = 10⁻⁹ кг).

Значения p_2 и p_1 находят по психрометрическим таблицам. Величину β определяют в процессе инженерных изысканий. При их отсутствии коэффициент массоотдачи в зависимости от пористости породы ϵ можно принимать равным:

$\epsilon, \%$	до 5	5—15	15—25	25—40
$10^{-3}\beta, \text{нкг}/(\text{м}^2 \cdot \text{Па} \cdot \text{с})$	1,04	2,08	6,25	10,4

При использовании паронепроницаемых покрытий коэффициент массоотдачи уменьшается.

Средства охлаждения подземных холодильников

Холодильная установка в зависимости от инженерно-геологических, горнотехнических, гидрогеологических и других условий может быть расположена как на поверхности (рис. I—29, а) так и в выработках (рис. I—29, б).

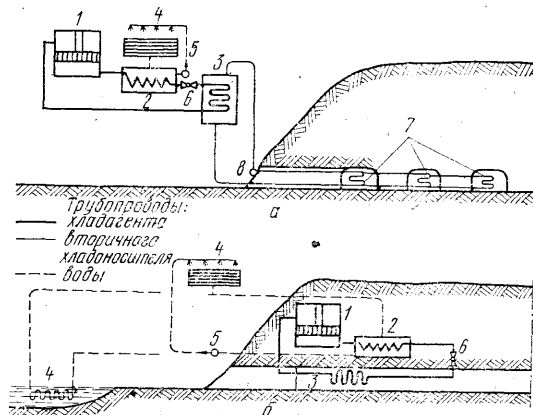


Рис. I—29. Принципиальные схемы размещения холодильной установки в подземных холодильниках:

а—на поверхности; б—в выработках; 1—компрессор; 2—конденсатор; 3—испаритель; 4—вдоохлаждающее устройство; 5—водяной насос; 6—регулирующий вентиль; 7—охлаждающие приборы; 8—рассольный насос.

В подземных холодильниках схема, представленная на рис. I—29, а, имеет наибольшее распространение особенно в сочетании с аммиачной холодильной машиной и рассольными системами охлаждения камер.

Схема, изображенная на рис. I—29, б, позволяет приблизить производство холода к местам его потребления и осуществить непосредственное охлаждение камер. Компрессорный зал располагают в выработках часто без дополнительного крепления, за исключением анкерной крепи.

Эта схема наиболее эффективной может быть в случаях, когда подземные охлаждаемые камеры связаны с поверхностью длинными входами, а также при отсутствии удобной площадки на поверхности, при повышенных температурах горных пород и устойчивых выработках.

Наиболее существенным недостатком такой схемы является невозможность (по нормам пожаро- и взрывобезопасности) применения аммиака в качестве холодильного агента.

Температурно-влажностные режимы камер

охлаждаемого склада, размещаемого в работах, принимают по технологическим нормам для наземных холодильников. В качестве приборов охлаждения рекомендуется применять гладкотрубные или панельные батареи и воздухоохладители для камер хранения мороженных и охлажденных грузов и воздухоохладители для камер замораживания. Предпочтение следует отдавать воздухоохладителям, которые, помимо общих достоинств, позволяют интенсифицировать теплообмен с окружающей средой (горным массивом). Однако во всех случаях воздухоохладители должны быть оборудованы устройствами для эффективного автоматического оттаивания снеговой шубы.

До последнего времени в подземных холодильниках была распространена система охлаждения с рассолом охлаждением. Позднее появились объекты с непосредственным охлаждением.

В отечественных подземных холодильниках применяется система с расположением холодильных машин на поверхности и с промежуточным хладоносителем — рассолом. В качестве приборов охлаждения используются гладкотрубные батареи и воздухоохладители. Отказ от применения ребристых батарей вызван сложностями в их оттаивании, которое производится при помощи горячего рассола.

На подземных холодильниках устанавливается высокопроизводительное оборудование, обеспечивающее быстрое (в течение нескольких месяцев) охлаждение горных пород от естественной температуры до задаваемой технологическими режимами.

Плотность теплового потока, обеспечиваемого холодильными машинами в период предварительного охлаждения, изменяется от 175—230 до 45—70 Вт/м² [от 150—200 до 40—60 ккал/(м²·ч)].

Отношение поверхности батарей к площади пола камер при температурах 0÷—5°С составляет в среднем 0,5, при температуре —20°С — 0,8—1,0 м²/м².

Для увеличения теплосъема в период охлаждения горной породы можно использовать часть холода, предназначенную для холодильной обработки продуктов и поглощения эксплуатационных теплопритоков, а также резервы производительности холодильной установки, появляющиеся при ее работе в условиях температуры кипения хладагента, более высокой, чем задано технологическим режимом хранения.

Для ускорения ввода в эксплуатацию хотя бы части складских помещений охлаждаемый объем целесообразно разделить на несколько отсеков (зон), концентрируя на ограниченной площади значительное число приборов охлаждения. Однако такое решение связано с трудоемкими дополнительными работами по монта-

жу и демонтажу охлаждающего оборудования.

В районах с холодным климатом предварительное, а в ряде случаев (для упакованных продуктов) и постоянное охлаждение камер можно осуществлять, продувая через них в зимнее время холодный наружный воздух.

Погрузочно-разгрузочные операции в охлаждаемых помещениях подземных холодильников производят при помощи аккумуляторных электропогрузчиков и электротележек. При использовании специальных выработок максимальный пробег этих механизмов не превышает 50 м. Такого же эффекта удается достигнуть при заезде в транспортные выработки железнодорожных составов и автомашин. В случае размещения охлаждаемого склада в отработанных выработках пробег транспортных средств увеличивается и может достигнуть 400 м. В таких объектах общее количество аккумуляторных подъемно-транспортных машин может в 2—3 раза превышать нормы, действующие для наземных холодильников.

В подземных холодильниках предусматривают аварийное освещение, а также запас переносных аккумуляторных ламп из расчета не менее одной на каждого работника максимальной смены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Аршанский С. Н., Матвеев В. И., Синкевич Э. Я. Холодильные сооружения рыбной промышленности. М., «Пищевая промышленность», 1972. 320 с.

Зильберборд А. Ф., Горская Г. С. Инженерно-геологические предпосылки использования подземных полостей для хранения продовольствия. М., ВСЕГИНГЕО, 1970. 80 с.

Зильберборд А. Ф. Методические рекомендации по тепловым расчетам подземных сооружений холодно-складского назначения. М., ВСЕГИНГЕО, 1973. 55 с.

Курылев Е. С., Герасимов Н. А. Холодильные установки. Л., «Машиностроение», 1970. 672 с.

Мостков В. М. Строительство подземных сооружений большого сечения. М., «Недра», 1974. 320 с.

Порхаев Г. В. Тепловое взаимодействие зданий и сооружений с вечномёрзлыми грунтами. М., «Наука», 1970. 207 с.

Правила техники безопасности на аммиачных холодильных установках. М., ВНИИХ, 1967. 144 с.

Проектирование холодильников. М., «Пищевая промышленность», 1972. 310 с. Авт.: Ю. С. Крылов, П. И. Пирог, В. В. Васютович, А. В. Карпов, А. И. Деметьев.

ГЛАВА II

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ХОЛОДИЛЬНИКОВ И ИХ АВТОМАТИЗАЦИЯ

СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Проектируемые для холодильников системы охлаждения могут быть насосно-циркуляционными с непосредственным охлаждением; безнасосными с непосредственным охлаждением; с промежуточным хладоносителем. Системы непосредственного охлаждения должны обеспечивать автоматическое поддержание температурно-влажностных режимов в камерах; равномерное и надежное распределение жидкого хладагента по охлаждающим приборам камер с целью максимального использования их поверхности теплоотдачи; относительно малую аммиакоемкость испарительной системы; защиту испарительной системы от попадания масла и загрязнений; простой и эффективный способ удаления снеговой шубы с поверхности охлаждающих приборов; автоматизацию работы холодильных компрессоров и вспомогательного оборудования; надежную защиту холодильных компрессоров от аварий (гидравлический удар и т. д.).

Проектируемые системы должны быть надежны в эксплуатации, иметь минимальное количество трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры, приборов автоматики.

На распределительных холодильниках преимущественно применяются насосно-циркуляционные системы непосредственного охлаждения с параллельным распределением и нижней подачей аммиака в приборы охлаждения. Безнасосные системы непосредственного охлаждения проектируются только с нижней подачей хладагента и применяются преимущественно для холодильников небольшой емкости. В связи с освоением промышленностью выпуска аммиачных насосов небольшой производительности, например ЦНГ-70М ($5-10 \text{ м}^3/\text{ч}$), целесообразно применять насосно-циркуляционные системы и для холодильников небольшой емкости. Основным недостатком безнасосных схем является трудность распределения и дозирования холодильного агента в охлаждающие приборы, особенно в разветвленных испарительных системах, что приводит к постоянному заполне-

нию защитных ресиверов и необходимости периодического передавливания из них холодильного агента в систему. Применяются безнасосные схемы с верхним расположением отделителя жидкости (рис. II—1), при котором питание охлаждающих приборов происходит под действием столба жидкого хладагента, и с нижним расположением (рис. II—2) при непосредственной подаче холодильного агента в охлаждающие приборы с использованием регулирующих автоматических приборов — терморегулирующих вентилей, реле перепада температур ПТРД-2 или КТР-2М или реле уровня ПРУ-5.

Для распределительных холодильников, исходя из номенклатуры грузов и обеспечения принятых оптимальных перепадов между температурами воздуха холодильных камер и кипящего хладагента, предусматриваются следующие температуры кипения аммиака: -40°C для камер замораживания и низкотемпературных камер хранения мороженных грузов с температурой воздуха $-25 \div -30^\circ\text{C}$; -30°C для камер хранения мороженных грузов с температурой воздуха -20°C ; $-8 \div -12^\circ\text{C}$ для камер хранения охлажденных грузов с температурой воздуха $-3 \div +4^\circ\text{C}$.

На рис. II—3 показана принципиальная насосно-циркуляционная схема с нижней подачей аммиака в охлаждающие приборы камер, на рис. II—4 — с верхней подачей.

Насосно-циркуляционные системы проектируют с учетом следующих основных положений. На каждую температуру кипения хладагента предусматривается самостоятельный циркуляционный ресивер. Ресивер подбирают в соответствии с требованиями правил техники безопасности в зависимости от емкости системы и принятой схемы с проверкой допустимой скорости движения паров хладагента в аппарате.

В ряде случаев при большой емкости системы на одну температуру кипения могут устанавливаться несколько ресиверов.

Ресивер (или ресиверы) снабжается двумя аммиачными насосами, один из которых резервный. На рис. II—5, II—6 приведены узел обвязки и принципиальная схема вертикального циркуляционного ресивера с аммиачными

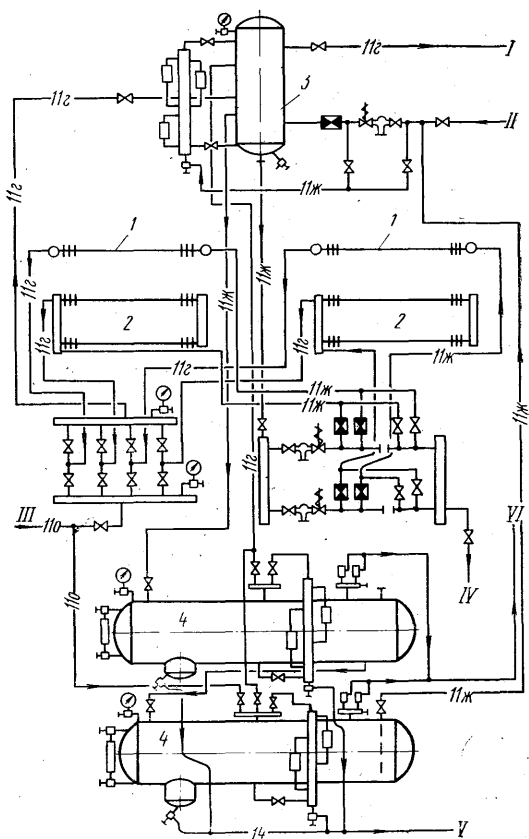


Рис. II—1. Принципиальная безнасосная аммиачная схема охлаждения с верхним расположением отделителя жидкости:

1—потолочная батарея; 2—пристенная батарея; 3—отделитель жидкости; 4—защитный ресивер. Трубопроводы: I—газовый к компрессорам; II—жидкостной от конденсатора; III—горячих паров аммиака от маслоотделителя; IV—слива жидкого аммиака в дренажный ресивер; V—спуска масла в маслособирающий; VI—выпуска аммиака из предохранительных клапанов.

насосами. Жидкостные трубопроводы от циркуляционного ресивера к аммиачным насосам должны иметь минимальное сопротивление. На этих трубопроводах устанавливают фильтры для защиты насосов от загрязнений.

На нагнетательных линиях аммиачных насосов устанавливают обратные клапаны для предотвращения переполнения циркуляционного ресивера при остановке насоса. Камерные распределительные устройства подключают к магистральным трубопроводам с учетом воз-

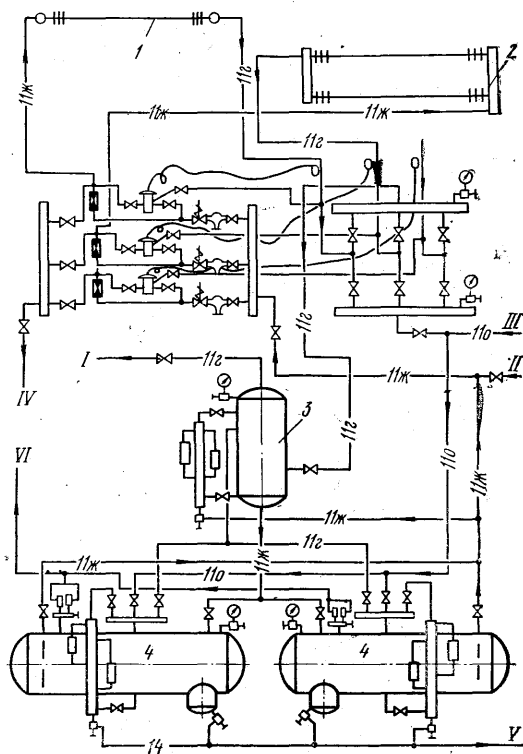


Рис. II—2. Принципиальная безнасосная аммиачная схема охлаждения с нижним расположением отделителя жидкости:

1—потолочная батарея; 2—пристенная батарея; 3—отделитель жидкости; 4—защитный ресивер (обозначения трубопровода I—VI—см. подпись к рис. II-1).

можности независимого проведения ремонтно-профилактических работ и оттаивания охлаждающих приборов на различных участках системы. Дренажные трубопроводы следует проектировать так, чтобы обеспечивался самотечный слив жидкого хладагента в дренажный ресивер. Устройство так называемых «мешков» на всасывающих газовых трубопроводах не допускается. Для равномерного распределения жидкого холодильного агента на жидкостных линиях к охлаждающим приборам следует предусматривать регулирующие вентили. Для слива жидкого холодильного агента из охлаждающих приборов камер или других аппаратов холодильной установки в схеме предназначен дренажный ресивер соответствующей емкости.

Для оттаивания охлаждающих приборов камер и очистки (продувки) системы от масла в схеме предусматривается трубопровод для по-

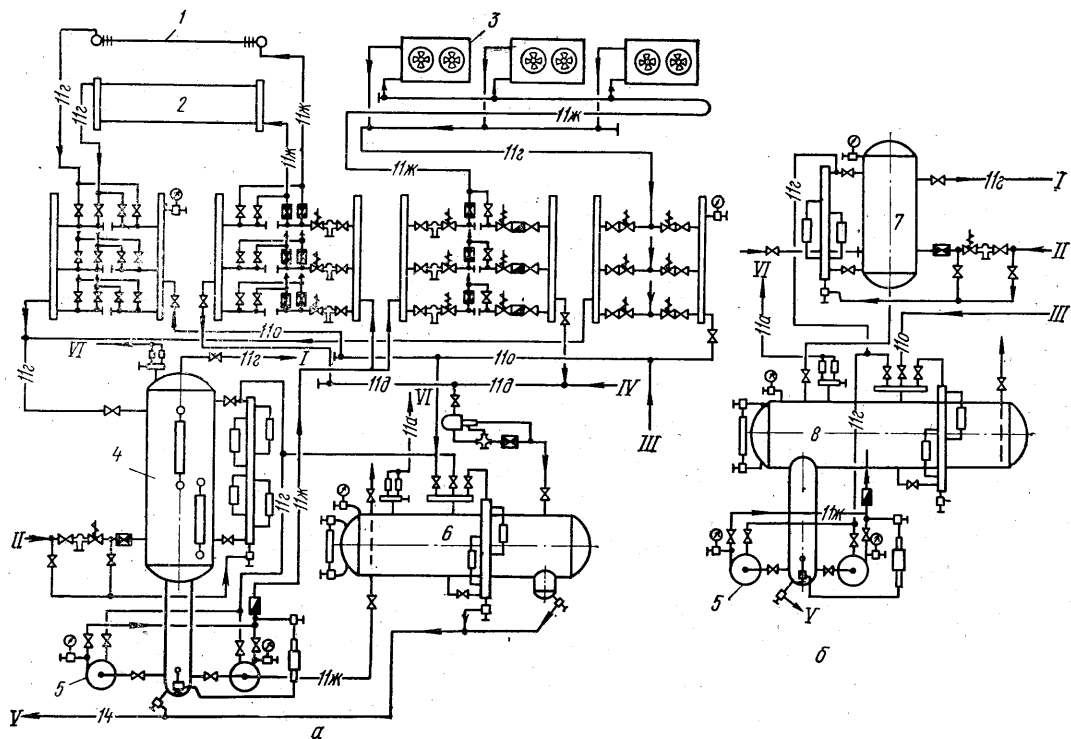


Рис. II-3. Принципиальная насосно-циркуляционная аммиачная схема охлаждения с нижней подачей хладагента в охлаждающие приборы:

а—с вертикальным ресивером; *б*—с горизонтальным ресивером и отделителем жидкости; 1—потолочная батарея; 2—пристенная батарея; 3—воздухоохладитель; 4—вертикальный циркуляционный ресивер; 5—аммиачный насос; 6—дренажный ресивер; 7—отделитель жидкости; 8—горизонтальный циркуляционный ресивер (обозначения трубопроводов — см. подпись к рис. II-1).

дачи горячих паров аммиака в систему. Горячие пары аммиака отбирают от нагнетательной линии после маслоотделителя.

В безнасосных схемах для обеспечения бесперебойности и безопасности работы установок на каждую температуру кипения аммиака устанавливают два защитных ресивера.

На температуру кипения -30°C — -40°C устанавливают агрегаты двухступенчатого сжатия с промежуточным сосудом (рис. II-7, рис. II-8). В ряде случаев при соответствующих расчетных температурных условиях в целях упрощения схемы холодильной установки на температуру кипения -30°C можно применять компрессоры одноступенчатого сжатия. Аммиачные одноступенчатые винтовые компрессоры можно использовать для температур кипения до -38°C . Для температур кипения -8°C — -12°C применяют одноступенчатые компрессоры.

Для равномерного использования машин в условиях изменяющейся тепловой нагрузки холодильной установки схемой предусматривается возможность переключения компрессоров на различные температуры кипения. Указанные переключения компрессоров обеспечивают взаимозаменяемость их при ремонте и профилактическом осмотре, а также возможность отсасывания паров из любой части холодильной установки.

В схеме устанавливают вспомогательные аппараты: маслоотделители и маслособираатели.

В зависимости от мощности холодильной установки проектируют одну, две и более нагнетательных магистралей.

Конденсаторы и линейные ресиверы должны соединяться уравнительными газовыми линиями для обеспечения свободного слива сконденсировавшегося холодильного агента в реси-

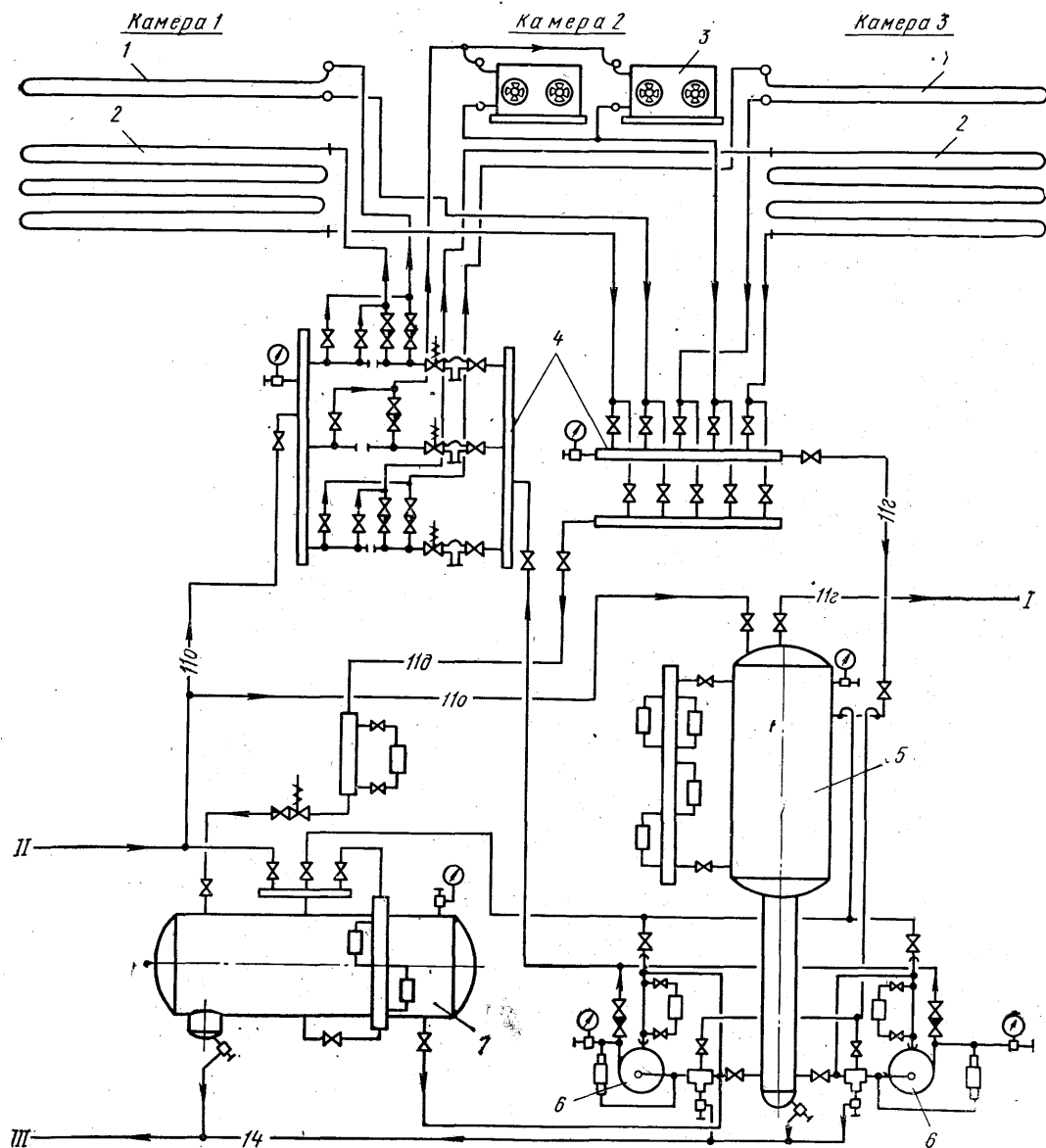


Рис. II—4. Принципиальная насосно-циркуляционная аммиачная схема охлаждения с верхней подачей хладагента в охлаждающие приборы камер:

I—потолочная батарея; **2**—пристенная батарея; **3**—воздухоохладитель; **4**—камерные распределительные устройства; **5**—вертикальный циркуляционный ресивер; **6**—аммиачный герметичный насос; **7**—дренажный ресивер. Трубопроводы: **I**—газовый к компрессорам; **II**—горячих паров аммиака от маслоотделителя; **III**—спуска масла в маслосборитель.

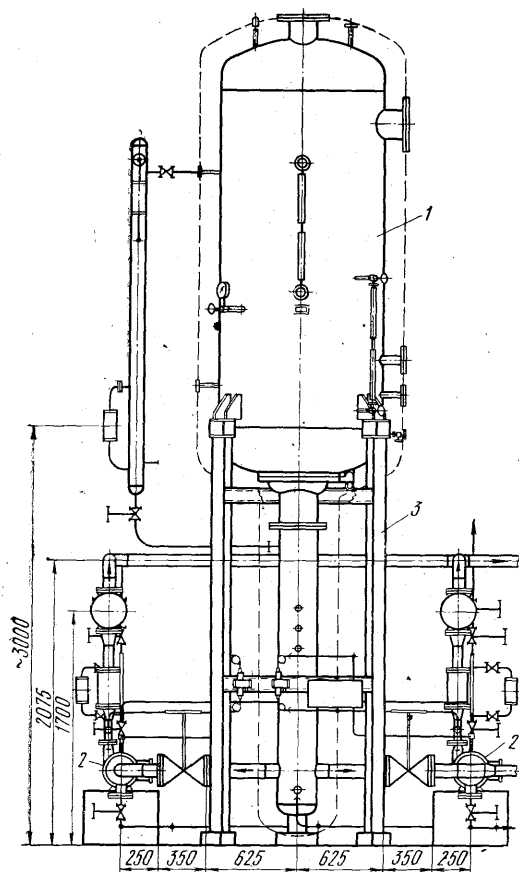


Рис. II—5. Узел обвязки вертикального циркуляционного ресивера и аммиачных насосов: 1—ресивер; 2—герметичный насос; 3—металлическая подставка.

веры. Предусматривают линию отсоса холодильного агента.

Для крупных холодильников целесообразно включать в схему воздушный компрессор с ресивером для воздуха, используемый для испытания системы трубопроводов, аппаратов в период монтажа и эксплуатации холодильной установки.

Для этой цели применяют воздушный компрессор высокого давления ВК-25Э производительностью 1,25 м³/ч при давлении 2500 кПа (25 кгс/см²).

Усовершенствование аммиачных систем непосредственного охлаждения резко сократило применение систем с промежуточным хладоно-

сителем (рассольные системы). Рассольные системы охлаждения применяют для холодильников малой емкости (используют автоматизированные фреоновые холодильные машины, укомплектованные испарительно-конденсаторными агрегатами); при расположении охлаждаемых камер на большом расстоянии от машинного отделения; для охлаждения некоторых видов технологических аппаратов; для холодильников, размещаемых вблизи жилой застройки и в тех случаях, когда нельзя применять непосредственное охлаждение.

В качестве хладоносителей используют водный раствор хлористого кальция с добавкой специальных веществ (пассиваторов) для уменьшения коррозии системы и водный раствор этиленгликоля. Концентрация хладоносителя должна быть такой, чтобы температура его замерзания была на 8—10°С ниже температуры кипения холодильного агента в испарителе. В холодильниках применяют только закрытые рассольные системы с кожухотрубными испарителями.

Для небольших холодильников применяют двухтрубную систему, состоящую из подающей и обратной магистральных труб, к которым подключают распределительные устройства камер.

Для многэтажных холодильников применяют трехтрубную систему, обеспечивающую равномерное распределение рассола по охлаждающим приборам камер. Одна магистраль служит для подачи рассола в поэтажные распределительные устройства. Обе магистрали обратного рассола поднимают до верхнего перекрытия холодильника и затем опускают к рассольному насосу. На рис. II—9 показана принципиальная схема рассольного охлаждения с двухтрубной системой для одноэтажного холодильника.

Важным условием работы рассольных систем является обеспечение надежного отвода воздуха из системы. Для этой цели в схеме предусматривается расширительный сосуд, который подключают к верхней точке обратной магистральной трубопровода. Расширительный сосуд предназначен также для компенсации объемных изменений рассола в системе вследствие колебаний температуры и поддержания постоянного заполнения системы рассолом.

Заполнение системы контролируется переливной трубой расширительного сосуда, подключаемой к баку для разведения и слива рассола.

Минимальный объем сосуда V (в м³) рассчитывают по формуле

$$V = V_c \beta \Delta t, \quad (\text{II-1})$$

где V_c — объем системы, заполненной хладоносителем, м³;

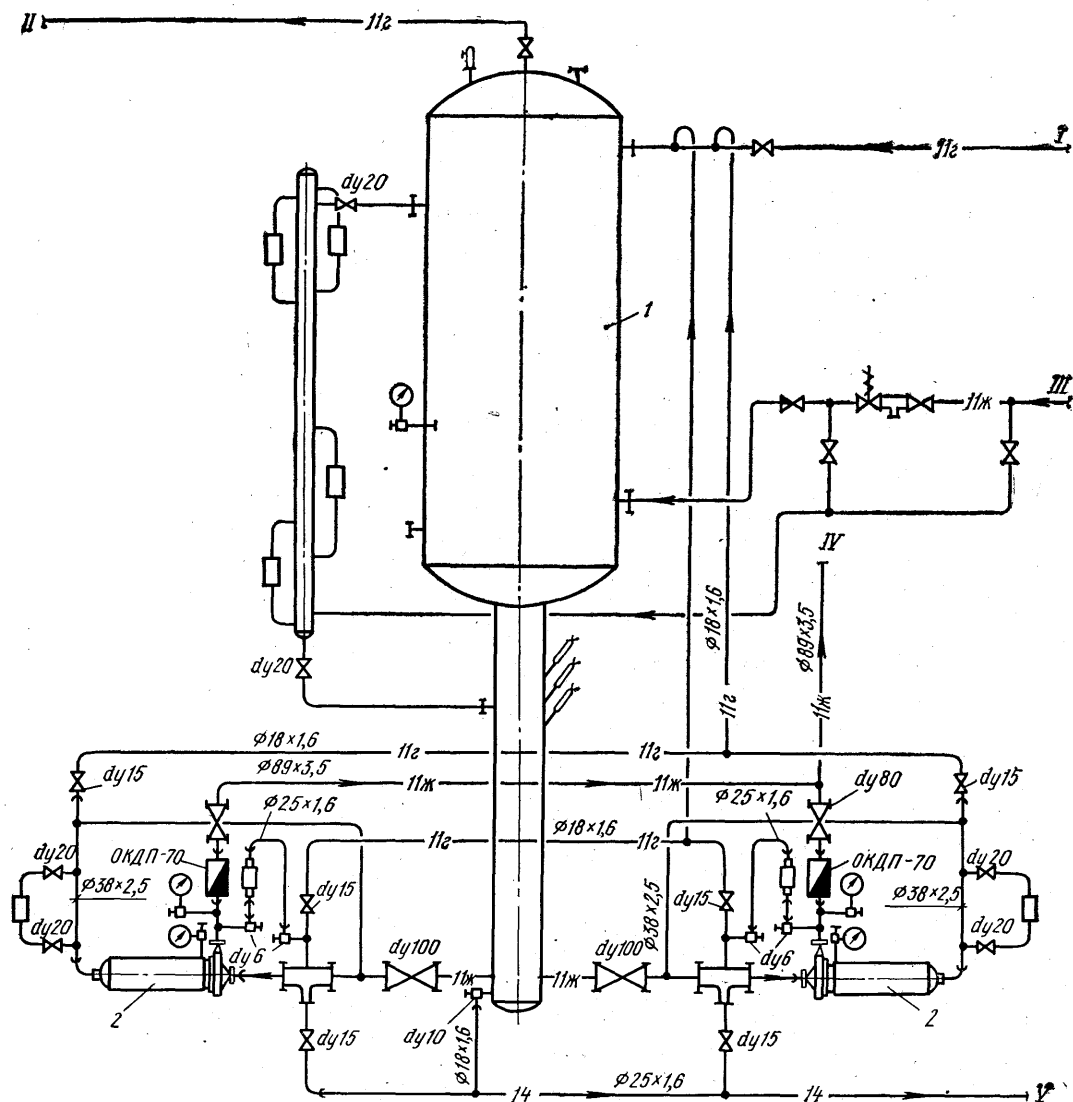


Рис. II—6. Принципиальная схема вертикального циркуляционного ресивера и аммиачных насосов (обозначения позиций 1,2 см. подпись к рис. II—5). Трубопроводы:

I—газовый от охлаждающих приборов камер холодильника; *II*—газовый к компрессорам; *III*—жидкостной от конденсаторов; *IV*—жидкостной к охлаждающим приборам; *V*—спуска масла в маслособираатель.

β — коэффициент объемного расширения хладоносителя, 1/град;
 Δt — максимально возможное изменение температуры хладоносителя в условиях эксплуатации установок, °C.

В верхних точках на охлаждающих приборах камер предусматривают краны диаметром 6 мм для выпуска воздуха. Для разведения и слива рассола устанавливают специальный бак. Для слива рассола при ремонте из охлаждающих приборов камер в схеме имеет-

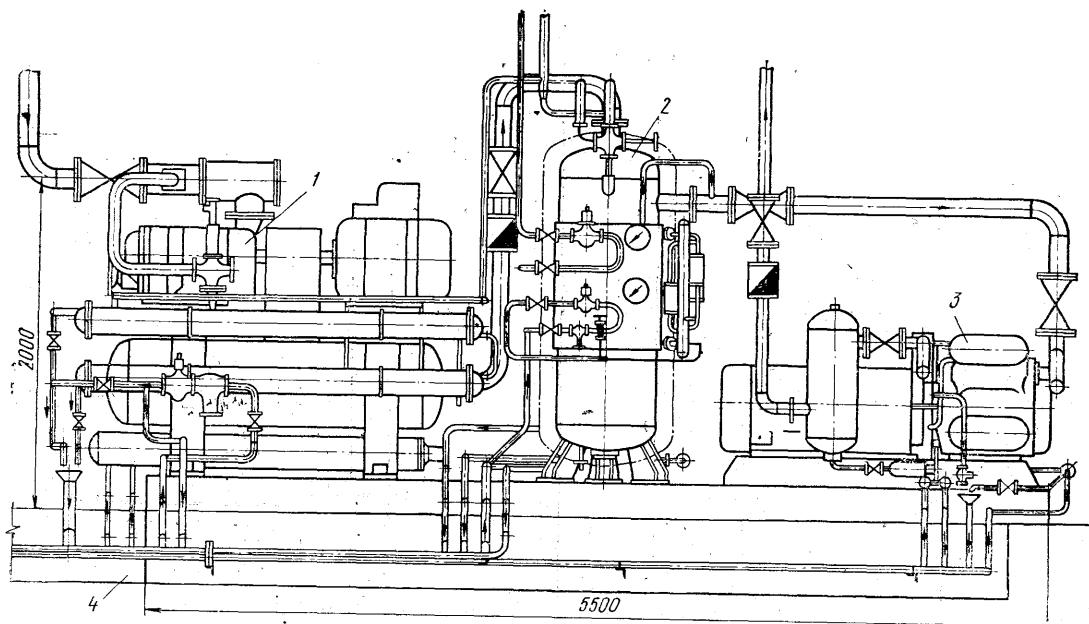


Рис. II—7. Узел обвязки агрегата двухступенчатого сжатия АД 130-3:

1—винтовой бустер-компрессор 5BX-350/2,6А; 2—промежуточный сосуд СПА-600; 3—агрегат высокой ступени А 110-1; 4—канал для трубопроводов.

ся трубопровод с запорными вентилями. При двух рабочих температурах рассола отдельный расширительный сосуд обслуживает каждую систему. В машинном отделении устанавливают не менее двух испарителей и трех насосов, один из которых резервный. Рассольные батареи и воздухоохладители оттаивают подогретым рассолом, для приготовления которого предусматривается установка водяного или парового нагревателя (бойлера) и отдельного насоса.

СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Системы охлаждения холодильников мясокомбинатов и мясоперерабатывающих заводов

Холодильники мясокомбинатов и мясоперерабатывающих заводов оборудуются насосно-циркуляционной системой охлаждения с верхней подачей аммиака в охлаждающие приборы.

К насосно-циркуляционной системе присоединяют все технологические потребители холо-

да (скороморозильные аппараты, льдогенераторы и др.). Для испарителей панельного типа, используемых для охлаждения воды, предусматривают безнасосную подачу аммиака. Поскольку для всех охлаждаемых помещений холодильника (кроме камер хранения мороженого мяса) и мясоперерабатывающего корпуса проектируют воздушное охлаждение с применением воздухоохладителей из труб малого диаметра ($25 \times 2,5$ мм), общая емкость системы по аммиаку получается незначительной. Благодаря этому емкость циркуляционных ресиверов также невелика.

Для мясокомбината мощностью 50 т мяса в смену требуется установка четырех ресиверов 5РДВ и одного ресивера 2,5 РДВ. Общая емкость всех этих ресиверов $20,9 \text{ м}^3$. Для мясокомбината мощностью 100 т в смену устанавливают семь ресиверов 5 РДВ общей емкостью $31,85 \text{ м}^3$. Емкость принимаемых ресиверов в 2 раза превышает объем жидкого аммиака, содержащегося в трубах охлаждающих приборов и трубопроводах совмещенного слива жидкости и отсасывания паров.

Насосно-циркуляционные системы холодильников мясокомбинатов предусматриваются на четыре режима температур кипения: -40°C —

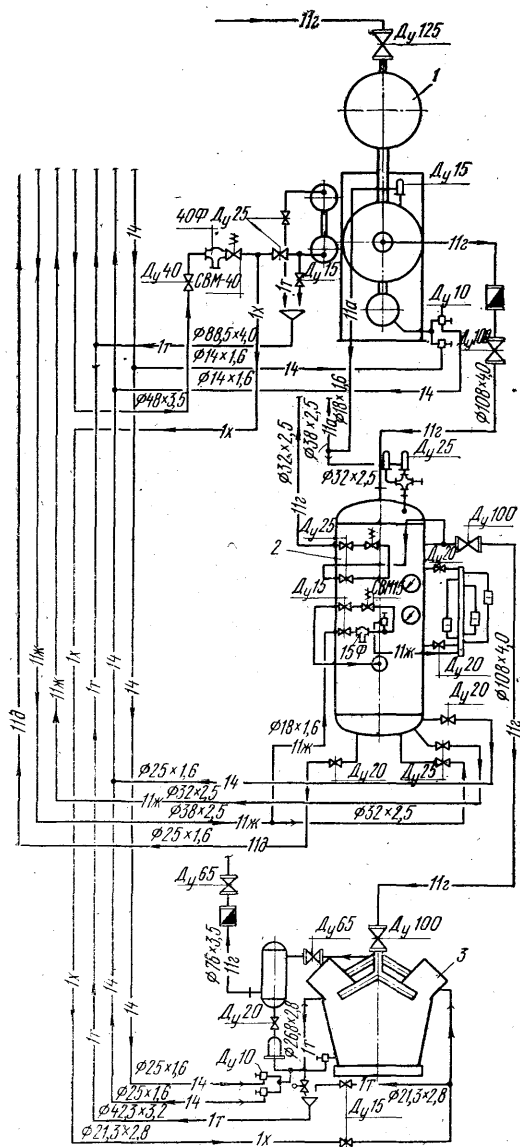


Рис. II-8. Принципиальная схема агрегата двухступенчатого сжатия АД 130-3 (обозначения позиций 1—3 см. подпись к рис. II-7).

для камер замораживания мяса и субпродуктов с температурой -30°C и скороморозильных аппаратов; -30°C — для камер хранения мороженого мяса, жира и субпродуктов с температурой -20°C , а также для льдогенераторов;

-20°C — для камер сверхбыстрого охлаждения мяса с температурой -10°C ; -8°C — для камер охлаждения мяса и субпродуктов с температурой -1°C .

Панельный испаритель для охлаждения воды работает при температуре кипения -3°C с подачей жидкого аммиака с помощью регулятора уровня. Схема строится таким образом, что каждый режим температуры кипения обслуживается отдельной группой компрессоров.

В контуре холодильника предусматривают несколько небольших помещений для распределительных аммиачных станций, в которых располагают жидкостные, всасывающие, оттаивательные и дренажные коллекторы с запорной и автоматической арматурой. Каждая такая станция обслуживает группу из нескольких камер. Вход в распределительные станции — из коридоров холодильника. Жидкостные коллекторы, в которые жидкий агент подается под напором насоса, размещают внизу с доступом к ним с уровня пола. Количественное распределение жидкого аммиака по камерам осуществляют с помощью ручных регулирующих вентилей, устанавливаемых на входе жидкости в распределительные коллекторы. Кроме того, для более тонкой регулировки подачи жидкости в батареи и воздухоохладители применяют ручные регулирующие вентили диаметром 20 мм на подводе жидкости в каждый охлаждающий прибор. Длину шланга оребренных батарей из труб диаметром $38 \times 2,5$ мм принимают 100—200 м. Каждая батарея состоит из одного шланга. Ввиду малого диаметра (20 мм) труб воздухоохладителей не требуется каких-либо устройств для распределения жидкости по параллельным их шлангам. Всасывающие коллекторы (они же коллекторы совмещенного слива — отсоса), связанные с определенным уровнем прокладки всасывающих трубопроводов, размещают под потолком помещения станции и для доступа к ним предусматривают площадки с лестницами.

Для оттаивания воздухоохладителей проектируют подачу в них горячих паров аммиака и электрообогрев ТЭНами, а для оттаивания батарей используют только горячие пары.

Компрессорные и аппаратные отделения, располагаемые вдоль корпуса холодильника (мясокомбината), связаны с ним в нескольких местах аммиачными трубопроводами, группируемыми по системам температур кипения. Благодаря этому достигается короткая связь между холодильными камерами и циркуляционными ресиверами и аммиачными насосами, что сокращает потери на депрессию в трубопроводах и расход электроэнергии на производство холода.

При высоте камер одноэтажного холодильника мясокомбината 6 м в чистоте и отметке

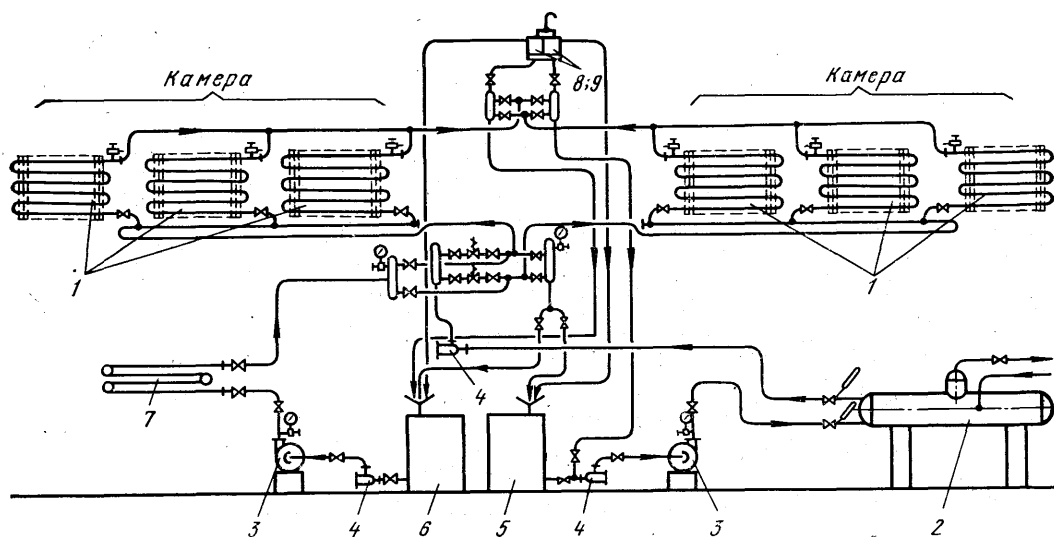


Рис. II—9. Принципиальная схема рассольного охлаждения:

1—батарея рассольная пристенная; 2—испаритель; 3—насос для перекачивания рассола; 4—фильтр; 5—бак для разведения и слива рассола; 6—бак для горячего рассола; 7—подогреватель рассола; 8, 9—расширительный бак.

пола машинного отделения — 1.200, т. е. на 1,2 м ниже отметки пола холодильника (± 0.000), уровни полов аппаратного и компрессорного отделений принимают одинаковыми. Это удобно в эксплуатации и позволяет применять вертикальные циркуляционные ресиверы с обеспечением высоты подпора столба жидкости над осью аммиачного насоса в размере до 2,5 м, что достаточно для устойчивой его работы.

К циркуляционным ресиверам с насосами, размещаемыми обычно в аппаратном отделении, подводят трубопроводы совмещенного слива — отсоса с необходимым уклоном, но без «мешков». Для сокращения длины этих трубопроводов в зависимости от планировочного решения холодильника часть циркуляционных ресиверов и связанных с ними насосов устанавливают в компрессорном отделении.

Промежуточные сосуды агрегатов двухступенчатого сжатия размещают вдоль стены, отделяющей машинное отделение от холодильника. В связи с этим обвязку компрессоров проектируют с учетом верхней разводки всасывающих трубопроводов для всех режимов температур кипения.

Всасывающие магистрали от циркуляционных ресиверов подводят к компрессорам в виде коллекторов.

Всасывающие магистрали верхней разводки целесообразно размещать вдоль стены ком-

прессорного отделения с установкой на них запорной арматуры для переключения компрессоров и устройством продольной металлической площадки для ее обслуживания.

Разводка магистральных нагнетательных трубопроводов от всех компрессоров в проектах предусматривается преимущественно нижней в продольном канале компрессорного отделения.

Прокладка труб на конденсатор более целесообразна верхняя (на мачтах), что удешевляет и упрощает монтажные работы.

Для мясокомбинатов средней и крупной мощности (от 50 т в смену и выше) проектируют две нагнетательные магистрали (для 5—7 компрессоров каждая) и две жидкостные, что повышает надежность эксплуатации холодильной установки. Обе жидкостные магистрали подводят к центральной регулирующей станции, монтируемой по проекту в компрессорном отделении (вместе с расположенной над ней манометровой станцией).

В целях более эффективной работы циркуляционных ресиверов в проектах предусматривают при них так называемые разделительные сосуды, используемые для отвода избыточной жидкости, возвращаемой (вместе с парами) из испарительной системы по общему трубопроводу.

Системы охлаждения холодильников молочных заводов

Насосно-циркуляционную систему охлаждения предусматривают для холодильников, в которых хранят творог, сметану и другие продукты, а также для производственных холодильных камер, фризеров и скоромороозильных аппаратов цеха мороженого. Для всех потребителей холода, кроме объектов цеха мороженого, применяют верхнюю подачу аммиака (с совмещенным сливом жидкости и отсосом паров) в охлаждающие приборы, монтируемые обычно высоко под потолком камер.

Для фризеров и скоромороозильных аппаратов предусматривается нижняя подача аммиака ввиду того, что это оборудование устанавливают на полу. Для технологических аппаратов производственных цехов (танки, пластинчатые охладители и др.) непосредственное охлаждение не проектируется, они обеспечиваются холодом посредством рассола и ледяной воды.

Для распределения холодильного агента по потребителям холода предусматривают централизованную или децентрализованную распределительную станцию (с жидкостными, всасывающими, оттаивательными и дренажными коллекторами).

При централизованной станции значительно возрастает объем монтажных работ по трубопроводам, длина которых получается очень большой, так как из аппаратного отделения необходимо прокладывать жидкостную и всасывающую трубы в каждую камеру и к каждому потребителю холода. При децентрализованных распределительных станциях для холодильника и технологических цехов, размещаемых на площадках или антресолях поблизости от потребителей холода, общую длину аммиачных трубопроводов разводки можно сократить в несколько раз.

В автоматизированных системах для прекращения подачи жидкого аммиака в охлаждающие приборы и возобновления подачи при повышении температуры достаточно предусмотреть один соленоидный клапан СВМ на общей жидкостной линии камеры. При раздельном питании жидкостью потолочных и пристенных батарей или нескольких групп подвесных воздухоохладителей следует предусматривать в схемах возможность регулирования распределения жидкости по этому оборудованию посредством ручных регулирующих клапанов, оставляя на всю камеру один СВМ на жидкостной линии камеры. Этот принцип следует сохранить и для универсальных камер холодильников городских молочных заводов. Переключение их с одного режима (-20°C)

на другой (0°C) достигается запорными вентилями.

При проектировании охлаждающих систем городских молочных заводов предусматривают четыре режима температур кипения для потребителей холода с непосредственным и рассольным (водяным) охлаждением: -45°C — для камер замораживания при -30°C , скоромороозильных аппаратов для творога и мороженого (эскимо); -35°C — для камер хранения замороженных творога и сливок при -20°C , для фризеров, закалочной камеры и скоромороозильных аппаратов цеха мороженого (вафельные стаканчики и брикеты); -13°C — для цеховых холодильных камер и камер холодильника с температурой 0°C с непосредственным охлаждением и для рассольного охлаждения технологических аппаратов; -3°C — для охлаждения технологических аппаратов ледяной водой. Охлаждение ледяной воды осуществляют в открытых испарителях панельного типа.

При проектировании насосно-циркуляционных систем охлаждения для городских молочных заводов применяют циркуляционные ресиверы вертикального типа, устанавливаемые в аппаратных отделениях компрессорных цехов. Емкость этих ресиверов обычно небольшая (например, два ресивера по $2,5\text{ м}^3$ и один — 5 м^3 для городских молочных заводов мощностью 100 т переработки молока в смену), однако ее можно еще уменьшить, приняв для всех камер холодильника воздушное охлаждение. Другие решения по насосным системам городских молочных заводов аналогичны описанным для холодильников мясокомбинатов.

Ввиду особенностей эксплуатации фризеров и скоромороозильных аппаратов СМА для производства мороженого целесообразно выделить для них отдельные компрессоры, так как присоединение их к общей всасывающей магистрали на $t_0 = -35^{\circ}\text{C}$ от холодильника не позволяет обеспечить устойчивый режим работы этих аппаратов и достичь паспортной производительности оборудования. Системы охлаждения специализированных холодильников для хранения фруктов, овощей, рыбы и других продуктов проектируют аналогично описанному выше с учетом особенностей технологии хранения и температурно-влажностных режимов.

ТРУБОПРОВОДЫ

Выбор типа и материала трубопроводов

При проектировании трубопроводов (трубы, детали, арматура, фланцы, крепежные изделия, прокладки и т. д.) необходимо прежде всего установить категоричность (степень ответствен-

Таблица II—I

Категории трубопроводов холодильных установок

Рабочая среда	I категория		II категория		III категория		IV категория		V категория	
	$P_{\text{раб}},$ кПа(кгс/см ²)	$t_{\text{раб}},$ °C	$P_{\text{раб}},$ кПа(кгс/см ²)	$t_{\text{раб}},$ °C	$P_{\text{раб}},$ кПа(кгс/см ²)	$t_{\text{раб}},$ °C	$P_{\text{раб}},$ кПа(кгс/см ²)	$t_{\text{раб}},$ °C	$P_{\text{раб}},$ кПа(кгс/см ²)	$t_{\text{раб}},$ °C
Аммиак жидкий и газобразный	Независимо от давления и температуры	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Фреоны	1600(16)	—	До 1600 (до 16)	Независимо от температуры	—	—	—	—	—	—
Вода горячая	—	—	—	—	1600(16)	115	1600(16)	До 115	—	—
Пар водяной	—	—	—	—	1600—2200 (16—22)	До 250	70—1600 (0,7—16)	+115÷+250	—	—
Хладоносители	—	—	—	—	—	—	—	—	Независимо от давления и температуры	

Примечание. Трубопроводы от предохранительных клапанов, сливные, спускные, продувочные и другие, соединяющие рабочие полости системы (через арматуру) с атмосферой, промканализацией и т. д., относятся к IV категории. Трубопроводы водоаммиачных растворов концентрации до 40% относятся к III категории.

ности) каждой линии, т. е. перемещаются ли по ним токсичные, взрывоопасные или инертные среды и при каких рабочих параметрах (температура, давление и концентрация). При выборе типа и материала трубопроводов используют следующие официальные документы: СНиП Ш-Г. 9—62*; «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов для горючих, токсичных и сжиженных газов (ПУГ-69)»; «Руководящие указания по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке технологических трубопроводов РУ-75». Категории трубопроводов холодильных установок даны в табл. II—1.

Трубы, арматуру, фланцы с крепежом и прокладками выбирают согласно данным табл. II—2—8, а также в соответствии с сортаментами на углеродистые (ВСН—186—74) и легированные (ВСН—350—76) трубы. Особое внимание при проектировании следует уделять выбору материалов для трубопроводов, работающих при низких температурах (ниже —30°С), так как в этих условиях значительно понижается значение ударной вязкости для стали (от 4 до 12 раз), увеличивается хладоломкость чугуна и повышается хрупкость сварных швов.

Монтажные (рабочие) чертежи должны учитывать, что минимальные расстояния между сварными швами должны быть для труб с $D_y \leq 150$ мм: I, II категорий не менее 100 мм, III, IV, V категорий не менее 50 мм; для труб с $D_y > 200$ мм: I, II категорий не менее 200 мм, III, IV, V категорий не менее 100 мм.

Определение сечений трубопроводов

Расчетные диаметры трубопроводов в различных участках схемы холодильной установки должны обеспечивать надежную и экономичную ее работу. Диаметры трубопроводов (в мм) определяют с учетом их назначения в технологической схеме, характеристик и параметров транспортируемой среды:

$$D = \sqrt{\frac{4G}{3600\pi\varrho w}}, \quad (\text{II-2})$$

где G — массовый расход транспортируемой среды, кг/ч;

ϱ — плотность транспортируемой среды при рабочих параметрах, кг/м³;

w — скорость движения среды, м/с.

Характеристика труб в зависимости от параметров среды

Рабочая среда	Категория труб	D_y , мм	Вид труб	ГОСТ на трубы	Материал труб в зависимости от температуры рабочей среды t_p , °C					
					-120...-70		-70...-40		-40...-15	
					марка стали	ГОСТ	марка стали	ГОСТ	марка стали	ГОСТ
Аммиак, пропан, пропилен и этан	II	10—40	Бесшовные холоднотянутые	A-8734-74			10Г2	4543-71*	20	1050—74
		10—70	То же	A-9941-72*						
		50—500	Бесшовные горячекатаные	A-8732-70	X18H10T	5632-72**	10Г2	4543-71	20	1050—74
Фреоны-12, 22 Водоаммиачные растворы	III		Электросварные	10104-76			10Г2 и 17ГС	4543-70	ВСт3сп	380—71
			Бесшовные (все) и электросварные по техническим требованиям ³	10704-76	То же	То же	То же	То же	То же	То же
		10—400	»		»	»	»	»	20	1050—54
Пар водяной 1600 Па (16 кгс/см ²) 250°С	IV	10—50	Водогазопроводные обыкновенные	3262-63					ВМСт.3сп1 ВМСт.3 и Ст.3	380—71 380—71
Вода горячая 1000 Па (10 кгс/см ²) 115°С	IV	10—400	Электросварные (ГОСТ 10706-76)	A и B-10704-76	»	»	»	»	ВМСт.3сп1	380—71
			»	»	»	»	»	»	ВМСт.3сп1	380—71
			»	»	»	»	»	»	ВМСт.3сп	380—71
Хладоносители (растворы и др.)	V	10—400	То же	»	»	»	»	»	То же	То же
Азот	V	10—400	То же	»	»	»	»	»	То же	То же

1. При температуре ниже -15°C должны применяться нормализованные трубы.

2. Продольный шов каждой трубы должен подвергаться нормализации и проверке физическим методом контроля заводом-изготовителем. Выбор труб и материалов для них производят аналогично выбору труб для аммиака, пропана, пропилена и этана.

Таблица II—3

*Характеристика основного материала арматуры
в зависимости от транспортируемой среды*

Рабочая среда	$p_{\text{раб}}, \text{кПа}$ (кгс/см ²)	$t_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$	Материал	
			корпуса	золотника
Аммиак	1600 (16) 2500 (25) вне зависимости	—30 ÷ +150 —40 ÷ +150 —70 ÷ —41	кч* и Ст. 20Л и 25Л нж	бт. нж бт. нж нж
Фреон-12, Фреон-22	1600 (16)	—30 ÷ +150 —70 ÷ +30	кч*, ст. бр нж, бр	бт, бр нж. бр
Пар и горячая вода	1600 (16) 2500 (25) 1600 (16)	200 300 350	ч* кч* 20Л	бр нж
Хладоносители Вода	1600 (16)	—70 ÷ —40 —40 ÷ +300	нж кч, ст ч* и кч*	бк нж

Примечания: 1. Приняты следующие обозначения: кч — ковкий чугун; ст — сталь; нж — нержавеющая сталь; бр — бронза; бт — баббит; бк — без уплотняющих колец; 20Л и 25 Л — марки стали.

2. Звездочки в обозначениях материала указывают, что на трубопроводах, подверженных вибрации, резкопеременном температурном режиме среды, низкой температуре наружного воздуха, а также работающих на растяжение, чугунная арматура не устанавливается.

Таблица II—4

*Характеристика типа и материала фланцев в зависимости от параметров
транспортируемой среды*

Категория	$p_{\text{раб}}, \text{кПа (кгс/см}^2\text{)}$	$t_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$	Тип фланцевого соединения	Присоедини- тельная поверхность	ГОСТ	Марка стали
I; II	600 (6)	—70 ÷ —40 —40 ÷ —30 —30 ÷ +300	Плоский приварной	Выступ- впадина	12828—67	10Г2 (ГОСТ 4543—71) 10; 20 (ГОСТ 1050—74) ВМСт.3сп (ГОСТ 380— 71) и Ст. 10; 20 (ГОСТ 1050—74)
I; II	1000, 1600, 2500 (10, 16, 25)	—70 ÷ —40 —40 ÷ —30 —30 ÷ +300	Приварной встык; плоский приварной	Выступ- впадина	12828—67	10Г2 (ГОСТ 4543—71) 10; 20 (ГОСТ 1050—74) ВМСт.3сп (ГОСТ 380— 71) и Ст. 10; 20 (ГОСТ 1050—74)
I; II	4000 (40)	—70 ÷ —40 —40 ÷ —30	Приварной встык	Выступ- впадина	12831—67	10Г2 (ГОСТ 4532—71) 10; 20 (ГОСТ 1050—74) ВМСт.3сп (ГОСТ 380— 71) и Ст. 10; 20 (ГОСТ 1050—74)
III; IV; V	600, 1000, 1600 (6, 10, 16)	—70 ÷ —40 —40 ÷ —30 —30 ÷ +300	Плоский приварной	Плоский	12828—67	10Г2 (ГОСТ 4543—71) 10; 20 (ГОСТ 1050—74) ВМСт.3сп (ГОСТ 380— 71) и Ст. 10; 20 (ГОСТ 1050—74)

Таблица II—5

*Характеристика деталей трубопроводов в зависимости от параметров
транспортируемой среды*

Детали	Категория	$t_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$	$D_y, \text{мм}$	ГОСТ, ОСТ, ограни- чительные нормы	Марка стали
Отвод крутоизогнутый бесшовный	I—V	$-70 \div -40$	$40 \div 500$	ГОСТ 17375—77	10Г2 и 17ГС
То же	I—V	$-40 \div +300$	$40 \div 500$	»	20
Отводы сварные	I—V	$-40 \div +300$	$500 \div 1200$	ОСТ 36—20—77 и ОСТ 36— 21—77	ВМСтЗсп
Отводы гнутые	I—V	$-70 \div -40$	$10 \div 150$	МН 4751—63	10Г2
То же	I—V	$-40 \div +300$	$10 \div 150$	МН 2912—62	10, 20
Переходы бесшовные	I—V	$-70 \div -40$	$40 \div 400$	ГОСТ 17378—77	10Г2
То же	I—V	$-40 \div +300$	$40 \div 400$	ГОСТ 17378—77	20
Переходы сварные	I—V	$-40 \div +300$	$500 \div 1200$	ОСТ 36—22—77	ВСтЗсп
Переходы лепестковые	IV—V	$-20 \div +300$	$100 \div 1200$	МН 2884—62	ВСтЗсп
Тройники бесшовные	I—V	$-70 \div -40$	$50 \div 300$	ГОСТ 17376—77	10Г2
То же	I—V	$-40 \div +300$	$50 \div 300$	ГОСТ 17376—77	20
Тройники приварные	I—V	$-40 \div +300$	$500 \div 1200$	ОСТ 36—23—77	ВСтЗсп
Заглушки эллиптические	I—V	$-40 \div +300$	$25 \div 500$	ГОСТ 17379—77	20
	I—V	$-40 \div +300$	$600 \div 1400$	ОСТ 36—25—77	ВСтЗсп

Таблица II—6

*Характеристика крепежных деталей для фланцевых соединений в зависимости
от параметров транспортируемой среды*

$P_{\text{раб}},$ кПа(кгс/см ²)	$t_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$	Марка стали		
		болтов	шпилек	гаек
600, 1000, 1600, 2500 (6, 10, 16, 25)	$-40 \div +350$	20 (ГОСТ 7798—70)	10Г2 (ГОСТ 9066—75)	10 (ГОСТ 5915—70) 10Г2 (ГОСТ 9064—75)
	$-70 \div -40$			
4000, 6400 (40, 64)	$-40 \div +425$	20 (ГОСТ 7798—70)	35 (ГОСТ 9066—75) 10Г2 (ГОСТ 9066—75)	25 (ГОСТ 9064—75) 10Г2 (ГОСТ 9064—75)
	$-70 \div -40$			

Таблица II-7

Характеристика прокладочного материала в зависимости от параметров транспортируемой среды

Транспортируемая среда	$t_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{раб}}, \text{кПа (кгс/см}^2\text{)}$	Прокладочный материал
Аммиак и фреон Пар водяной и горячая вода	$-40 \div +150$	1600(16)	Паронит марки ПМБ (ГОСТ 481-71)
	$+40 \div +140$	1000(10)	Резина теплостойкая марки Т (ГОСТ 7338-65)**
	$+140 \div +450$	2500(25)	Паронит марки ПОН (ГОСТ 481-71)
Хладоноситель	$-30 \div +50$	1000(10)	Резина кислотно-щелочностойкая марки КЩ (ГОСТ 7338-65)**
	$-40 \div -30$	1000(10)	Паронит теплостойкий марки ПОН (ГОСТ 481-71)
	$-30 \div +5$	1000(10)	Резина теплостойкая марки Т (ГОСТ 7338-65)**
Вода, воздух			Паронит марки ПОН (ГОСТ 481-71)

Примечание. Размеры прокладок из паронита, резины и других материалов принимают по ГОСТ 15180-70. Возможно применение других прокладочных материалов, не включенных в данную таблицу, при условии, что пределы их применения ($P_{\text{раб}}$, $t_{\text{раб}}$ и среда) должны соответствовать физико-механическим свойствам этих материалов.

Сортамент бесшовных (I) и электросварных (II) труб (размеры в мм) Таблица II-8

D_y	D_n	Толщина стенки						
10	14	Холоднодеформированные	I			1,5	3	
15	18				1,6	2	3,0	
20	25				1,6	2	2,5	3
25	32				2	2,5	3	
32	38				2	2,5	3	4
40	45				2,5	3	4	
50	57				2,5	3	4	5
65	76			3	3,5	4	5	6
80	89			3,5	4	5	6	8
100	108			4	5	6	8	
125	153	4	5	6	8	10		
150	159	4,5	6	8	10	12		
200	210	6	8	10	12	16		
250	273	7	8	10	12	16		
300	325	8	10	12	16	20		
350	377	9	10	16	20			
400	426	10	12	16				
		II						
		15 14 10						
		2 18 15						
		2 25 20						
		2 32 25						
		2 38 32						
		2 45 40						
		2 57 50						
		2 76 65						
		2 89 80						
		2 114 100						
		2 159 150						
		2 219 200						
		2 273 250						
		2 325 300						
		2 426 400						
		7 6 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						
		7 8 10						

Рекомендуемые значения скоростей движения потоков в трубопроводах

Среда и побудитель движения	Скорость движения, м/с
Жидкости	
давление гидростатического столба (свободный слив)	0,1—0,5 в зависимости от длины трубопровода
давление паровой подушки над уровнем жидкости	0,5—1,0 нижний предел для легкокипящих жидкостей
напор, создаваемый насосами в трубопроводах всасывающих	0,6—1,2 нижний предел для легкокипящих жидкостей
нагнетательных	до 1,5
Газы	
напор, создаваемый вентиляторами	4—15 в зависимости от предельного напора, создаваемого вентиляторами
давление в трубопроводах компрессоров всасывающих	8—15 в зависимости от величины давления
для фреона	12—20 То же
для аммиака	
нагнетательных	
для фреона	10—18 »
для аммиака	15—25 »
Парожидкостная смесь в трубопроводах совмещенного слива-отсоса насосно-циркуляционных аммиачных систем	До 6—8 »

Значение скоростей движения потоков в трубопроводах для различных сред указаны в табл. II—9. Для низкотемпературных установок при давлении в испарительных системах менее 100 кПа (1,0 кгс/см²) принимают минимальные скорости.

Диаметры трубопроводов можно определить по диаграммам. На рис. II—10÷II—13 приведены номограммы для определения диаметров всасывающих аммиачных трубопроводов в зависимости от тепловой нагрузки для различных температур испарения. Диаграммы построены по суммарной потере давления ($\Sigma\Delta p$), соответствующей кажущемуся понижению температуры кипения у компрессора примерно на 1°С. При этом холодопроизводительность компрессора снижается на 4%. Величины потери давления $\Sigma\Delta p$ для различных температурных режимов работы компрессоров не должны превышать следующих величин [кПа (кгс/см²)]: при температуре испарения $t_{\text{и}} -40^{\circ}\text{C} \rightarrow -4(0,04)$, $t_{\text{и}} -33^{\circ}\text{C} \rightarrow -5(0,05)$, $t_{\text{и}} -28^{\circ}\text{C} \rightarrow -6(0,06)$, $t_{\text{и}} -15^{\circ}\text{C} \rightarrow -12,5(0,125)$.

В общую длину трубопроводов L включают эквивалентные длины всех местных сопротивлений (арматура, фильтры, повороты и пр.).

Диаметры нагнетательных трубопроводов выбирают из расчета допустимой суммарной потери давления не более 15 кПа (0,15 кгс/см²), что соответствует кажущемуся (по манометру компрессора) повышению температуры конденсации примерно на 0,5°С, при котором расход энергии на работу компрессора увеличивается на 1%. Скорость движения паров (аммиака) в нагнетательных трубопроводах не должна превышать 25 м/с в целях предотвращения их вибрации.

Номограмма для определения диаметров аммиачных нагнетательных трубопроводов приведена на рис. II—14.

Диаметры жидкостных аммиачных трубопроводов на участке конденсатор — линейный ресивер выбирают с учетом потери давления не более 1,2 кПа (0,012 кгс/см²), что исключает парообразование в трубах. На рис. II—15 приведена номограмма для определения диаметров жидкостных трубопроводов на участке схемы линейный ресивер — регулирующий вентиль (регулирующая станция).

Номограмма для определения диаметров рассольных трубопроводов приведена на рис. II—16.

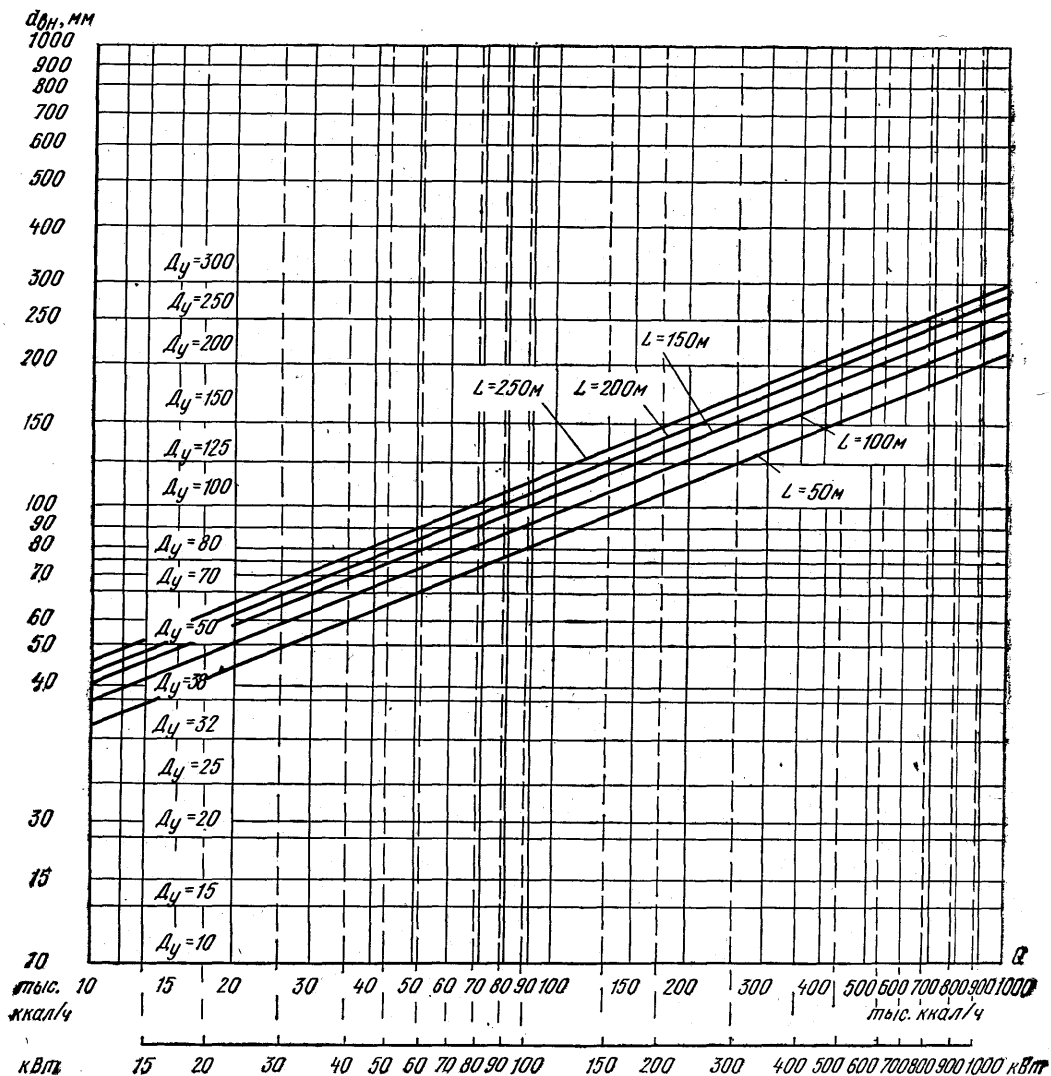


Рис. II—10. Номограмма для определения диаметров всасывающих аммиачных трубопроводов для $t_{\text{н}} = -40^{\circ}\text{C}$.

На жидкостных линиях, где устанавливают автоматические быстродействующие приборы (например, электромагнитные вентили), скорость движения жидкости в трубах не должна превышать 1,5 м/с.

Размещение трубопроводов арматуры и опор. Соединения следует проектировать только на сварке. Фланцевые и резьбовые соединения применяют для присоединения к фланце-

вой арматуре, приборам и средствам автоматизации и патрубкам аппаратов.

Трубопроводную арматуру размещают в местах, доступных для свободного и безопасного обслуживания и ремонта. Арматуру с ручным приводом устанавливают на высоте не более 1,8 м от уровня пола, а предназначенную для частого использования — не выше 1,6 м. При более высоком размещении арматуры для ее

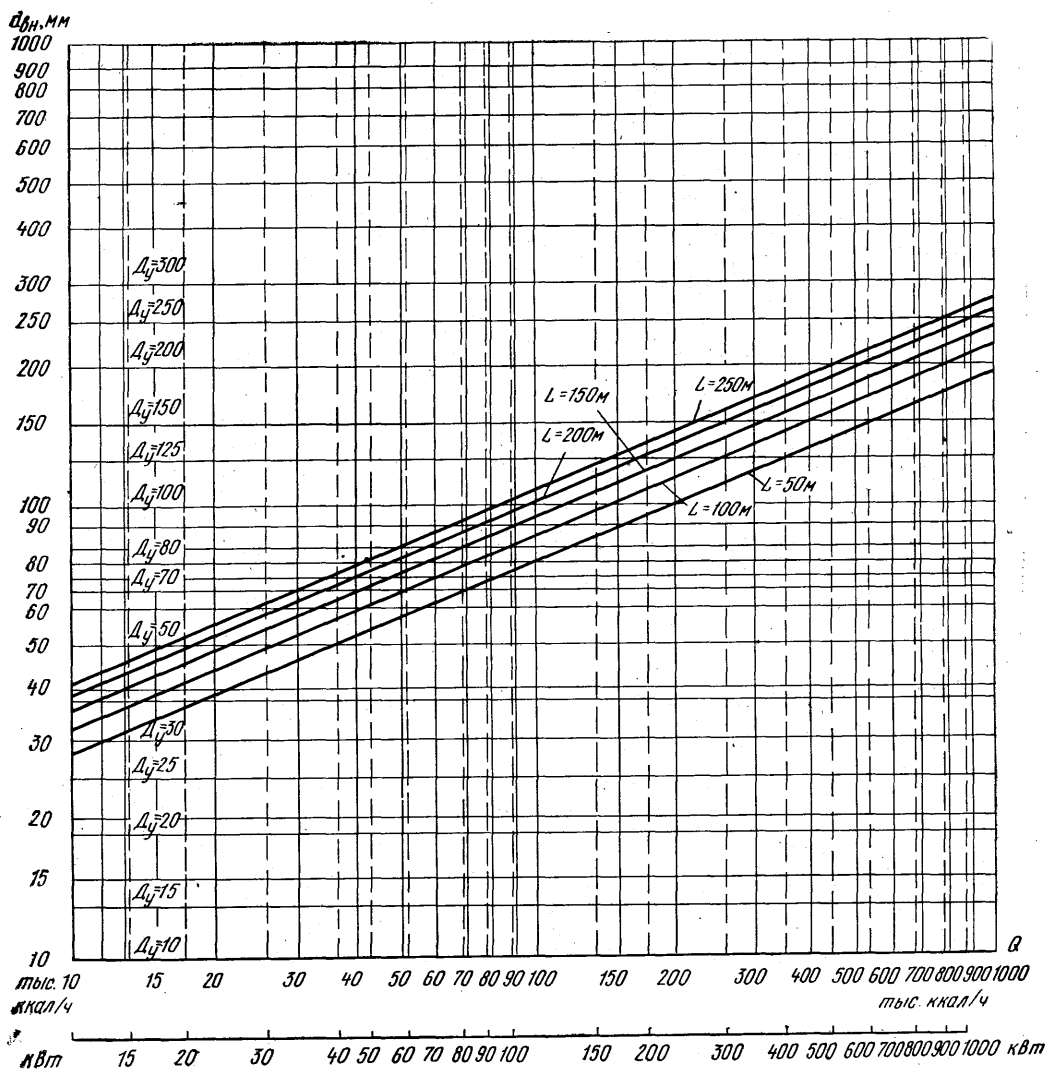


Рис. II—11. Номограмма для определения диаметров всасывающих аммиачных трубопроводов для $t_n = -33^\circ \text{C}$.

обслуживания предусматривают специальные площадки с лестницами. Не допускается установка арматуры над дверными и оконными проемами, над проходами, проезжими и пешеходными дорогами.

При установке на трубопроводах арматуры из ковкого чугуна необходимо предусматривать ее защиту от изгибающих напряжений путем устройства соответствующих креплений. Арма-

туру с электроприводом устанавливают только на горизонтальных участках труб с вертикальным расположением шпинделя. Запорную и регулирующую арматуру группируют в распределительные устройства.

Количество запорной арматуры на трубопроводах подбирают с таким расчетом, чтобы обеспечивалась возможность надежного отклю-

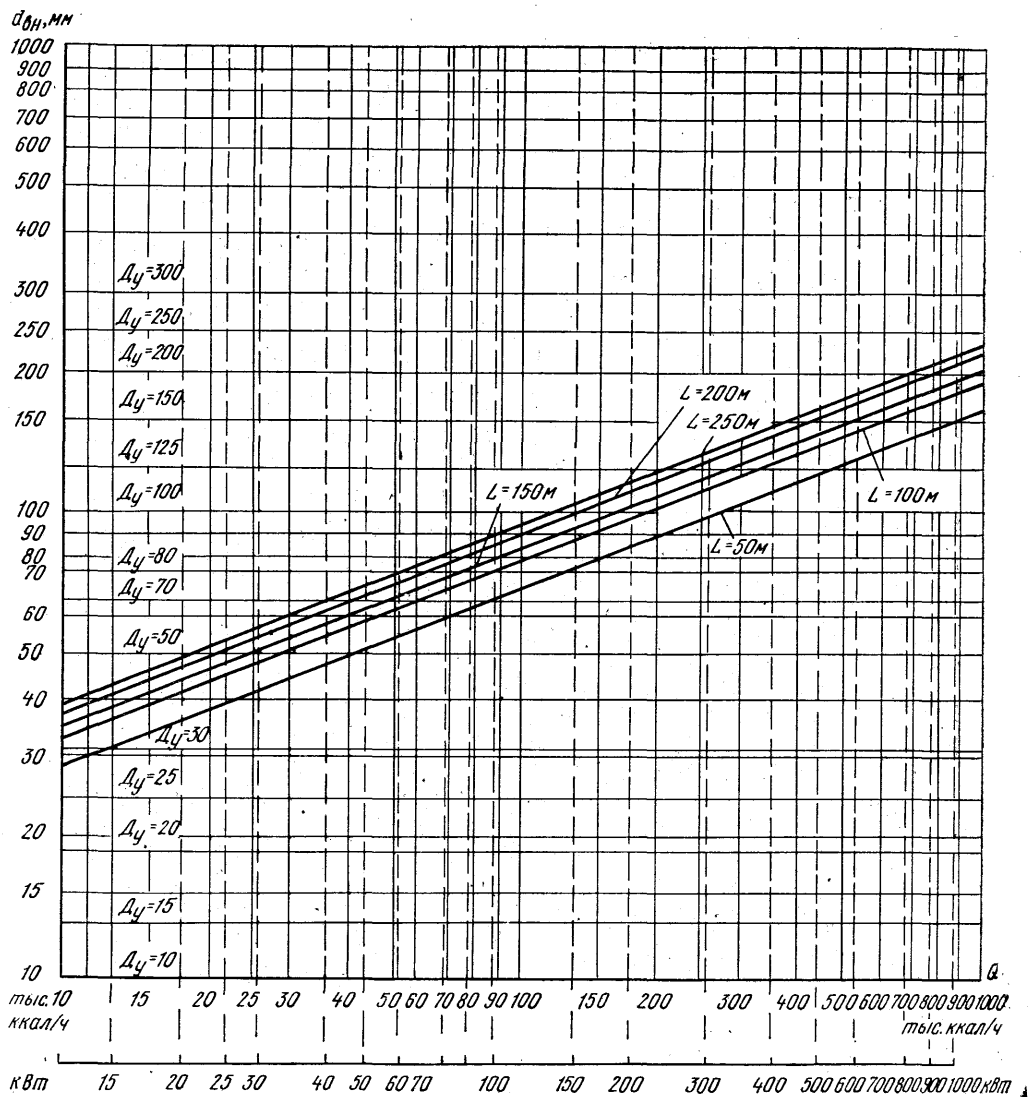


Рис. II—12. Номограмма для определения диаметров всасывающих и аммиачных трубопроводов для $t_{\text{ж}} = -28^{\circ}\text{C}$.

чения участка схемы, каждого аппарата, компрессора, насоса.

В машинных отделениях в зависимости от типа устанавливаемых компрессоров допускается применение верхней или нижней разводки трубопроводов. Предпочтение следует отдавать верхней разводке. При нижней разводке следует предусматривать возможность дренажа жидкости из всасывающих и нагнетательных

трубопроводов. При верхней разводке присоединение всасывающих и нагнетательных трубопроводов к общим магистралям выполняют так, чтобы в трубопроводах неработающих компрессоров не скапливались жидкий холодильный агент и масло.

Шахты аммиачных и рассольных трубопроводов, к которым присоединяют распределительные устройства в многэтажных холодиль-

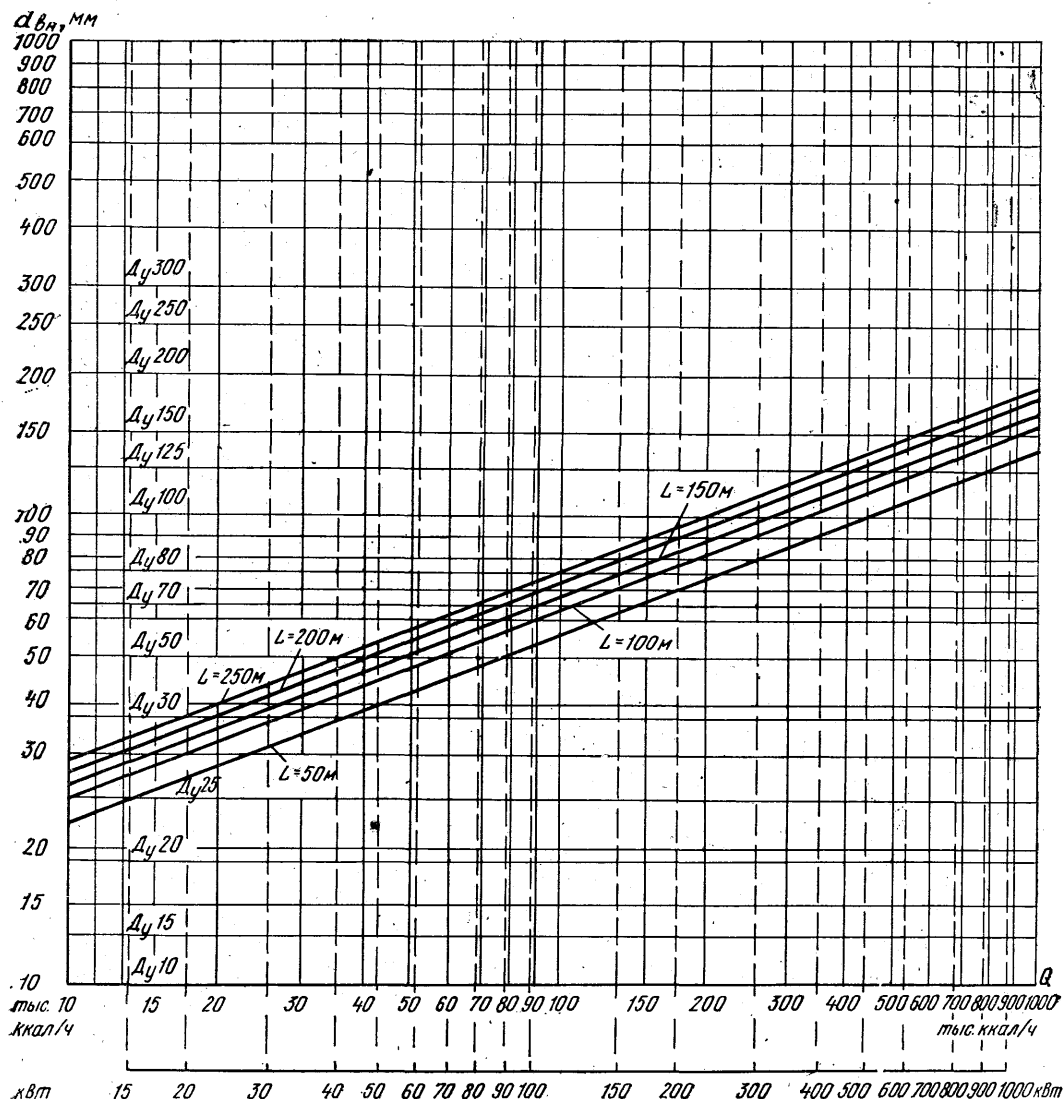


Рис. II—13. Номограмма для определения диаметров всасывающих аммиачных трубопроводов для $t_{и} = -15^{\circ}\text{C}$.

никах, рекомендуется прокладывать внутри охлаждаемых помещений и изолировать. Не допускается прокладка аммиакопроводов через бытовые, подсобные и административно-хозяйственные помещения, помещения КИПа и электрораспределительные, трансформаторные и вентиляционные камеры, а также бесканальная прокладка аммиакопроводов в конструкциях

полов. Аммиакопроводы можно прокладывать совместно с другими технологическими трубопроводами. При прокладке аммиакопроводов совместно с паропроводами в проходных и непроходных каналах руководствуются «Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» Госгортехнадзора СССР.

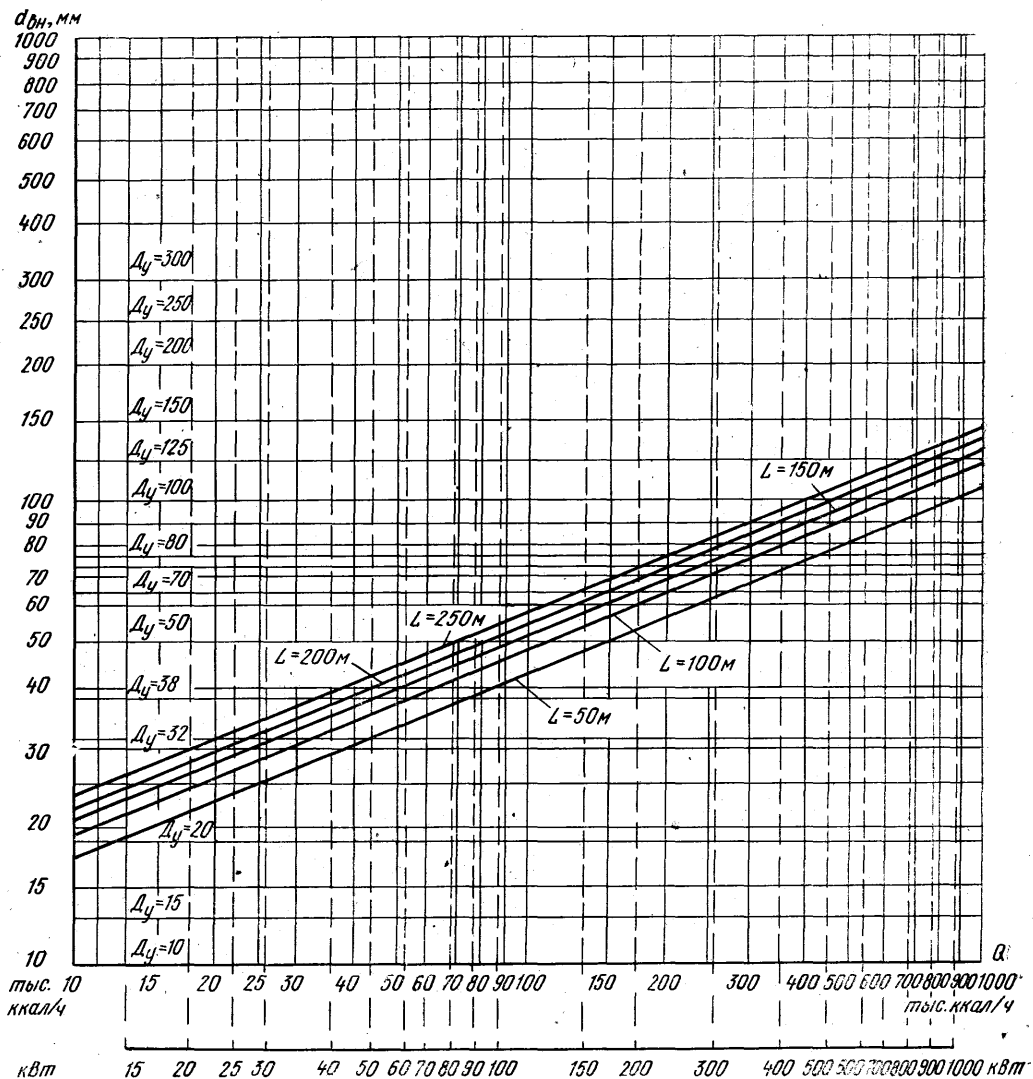


Рис. II—14. Номограмма для определения диаметров нагнетательных аммиачных трубопроводов.

Совместная прокладка технологических трубопроводов, за исключением аммиакопроводов, в общих каналах с электрокабелями допускается при условии защиты кабелей стальными трубами.

При проектировании неизолированных трубопроводов для жидкого аммиака, проложенных в непосредственной близости от горячих трубопроводов или других источников тепла, следует выдерживать отступы, обеспечивающие их безопасную эксплуатацию, согласно РУ—76.

Расстояния между параллельно прокладываемыми трубопроводами, между трубопроводами и строительными конструкциями должны обеспечивать возможность сборки, осмотра, нанесения тепловой изоляции и ремонта трубопроводов, а также учитывать смещение их при температурных деформациях. Трубопроводы, проходящие через стены или перекрытия зданий, необходимо заключать в специальные гильзы или футляры. Размещение сварных стыков в футлярах или гильзах не допускается. Низ-

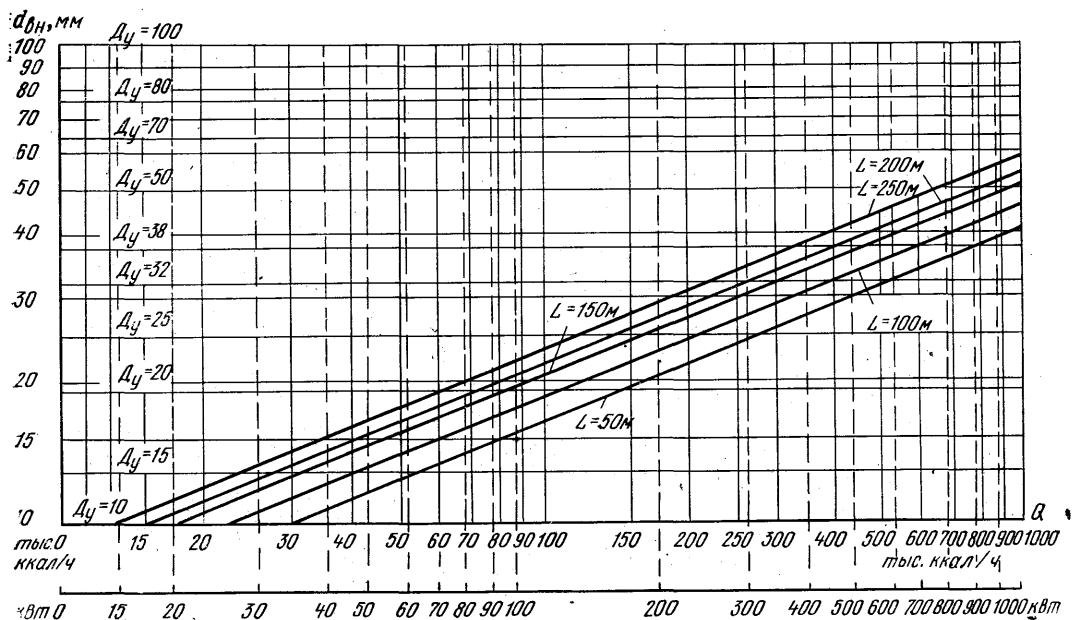


Рис. II—15. Номограмма для определения диаметров жидкостных аммиачных трубопроводов на участке линейный ресивер — регулирующий вентиль.

кие опорные конструкции следует применять в тех случаях, когда они не препятствуют движению транспортных средств.

Проектирование трубопроводов (кроме аммиакопроводов) в непроходных подземных каналах допускается в случаях, когда сооружение надземных эстакад экономически нецелесообразно или практически неосуществимо; расстояние между трубами принимают в соответствии с указаниями главы СНиП II—Г.10—62 «Нормы проектирования тепловых сетей». Прокладку трубопроводов следует предусматривать с уклоном не менее 0,003 в сторону возможно полного их опорожнения с использованием самотека жидкости.

Проектирование опор и подвесок технологических трубопроводов ведут с учетом требования СН 363—66 «Указания по проектированию, изготовлению и монтажу строительных стальных конструкций, предназначенных для эксплуатации в условиях низких температур». Конструкции опор и подвесок должны соответствовать действующим ГОСТам, ОСТам или нормам машиностроения.

При определении расстояний между опорами и подвесками и нагрузок от них на строительные конструкции учитывают собственную массу трубы, массу заполняющего трубу продукта (или воды при гидравлическом испытании), массу тепловой изоляции, обледенения и ветровую нагрузку, а также массу арматуры и других устройств, размещаемых на трубопроводах.

Максимально допустимый прогиб труб не должен превышать 1/400 длины пролета. Расположение опор и расстояния между ними определяют с учетом требования СН 373—67 «Указания по расчету стальных трубопроводов различного назначения» (табл. II—10, II—11).

При наличии на трубопроводе арматуры устанавливают дополнительные крепления с одной или двух сторон.

При проектировании трасс холодильных трубопроводов большой протяженности, не имеющих поворотов, которые компенсируют температурные деформации, следует предусматривать устройство специальных компенсаторов.

Тепловое удлинение Δx (в мм) рассчитываемого участка определяют по формуле

$$\Delta x = L \alpha \frac{\Delta t}{100}, \quad (\text{II-3})$$

где L — длина рассчитываемого участка, м;
 α — коэффициент линейного расширения, составляющий для углеродистой стали от 1,1 до 1,3 мм/м $\times 100^\circ\text{C}$, для легированной 1,6 до 1,8 мм/м $\times 100^\circ\text{C}$;

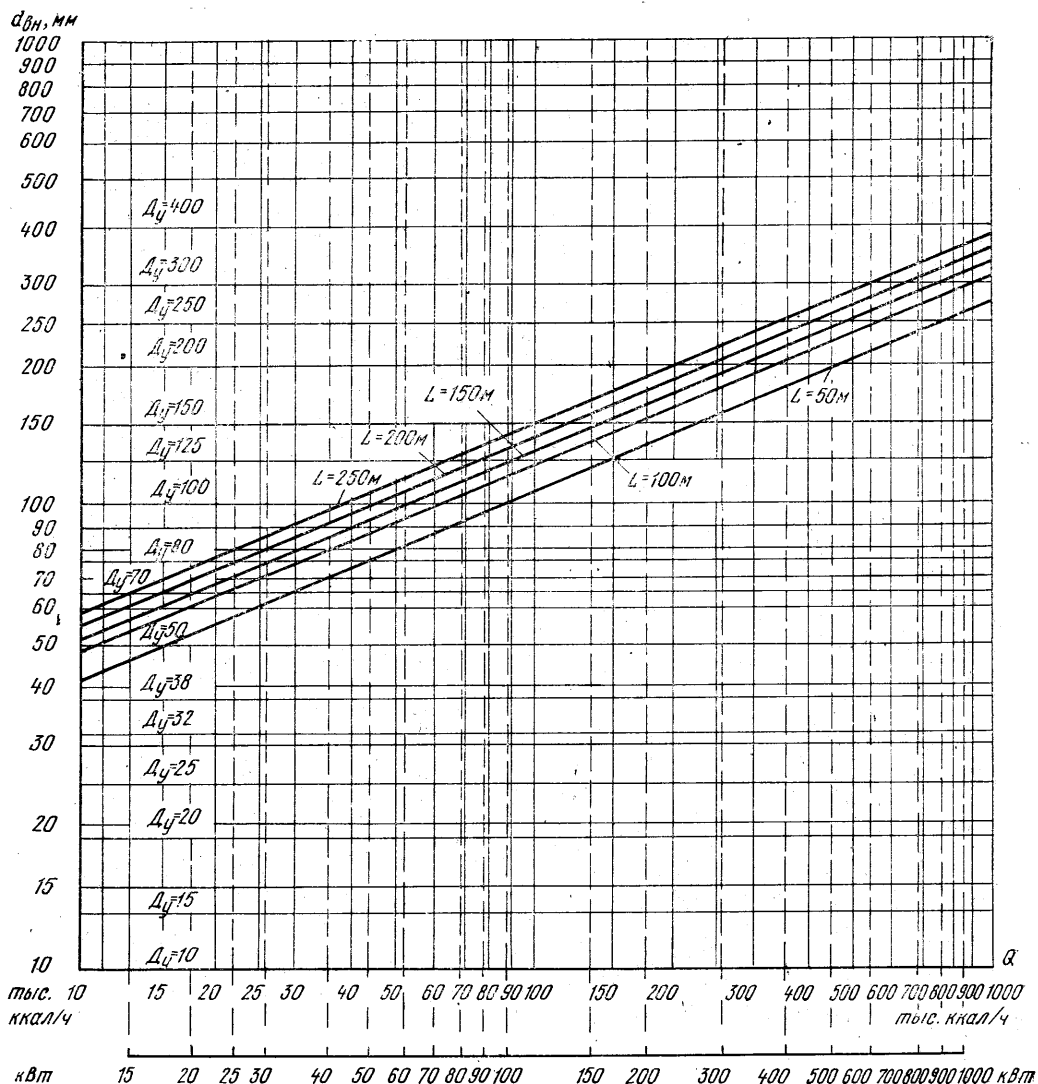


Рис. II—16. Номограмма для определения диаметров рассольных трубопроводов.

Δt — расчетная разность температур (начальная температура принимается равной 30° С).

Возникающее усилие (кгс/см²)

$$\sigma = E \frac{\Delta x}{L}, \quad (\text{II-4})$$

где E — модуль упругости, кгс/см² ($E = 2,0 \cdot 10^6$ кгс/см²); Δx измеряется в м.

Установка компенсатора необходима в том случае, если величина напряжения превышает 40 000—50 000 кПа (400—500 кгс/см²).

Вибрация трубопроводов

При проектировании трубопроводов следует учитывать, что в них возникают значительные напряжения, вызываемые температурными изменениями, ветровыми нагрузками и дефор-

Таблица II—10

Максимальное расстояние между опорами для труб

D_y , мм	Размер трубы, мм	Масса 1 м, кг		Максимальное расстояние между опорами (в м) для труб	
		трубы	трубы с водой и изоляцией	неизолированной	изолированной
25	32×2	1,48	6,15	2,0	2,0
32	38×2	1,78	7,01	2,0	2,0
40	45×2,5	2,26	10,19	3,0	2,5
50	57×3,5	4,62	14,21	4,0	3,0
70	76×3,5	6,26	18,9	4,0	4,0
80	89×3,5	7,38	22,5	5,0	4,5
100	108×4	10,26	32,3	5,0	4,5
125	133×4	12,73	41,13	6,0	5,0
150	159×4,5	17,15	53,25	8,0	6,0
200	219×7	36,6	101,3	8,0	7,0
250	273×7	45,92	133,2	10,0	8,0
300	325×9	70,14	193,7	12,0	9,0
350	377×9	81,68	215,6	12,0	9,0

Таблица II—11

Максимальные расстояния между неподвижными опорами

D_y , мм	$L_{\text{макс}}$	Величина Δx при t , °C			
		60	100	150	200
40	45	33	54	81	108
50	50	36	60	90	120
80	60	43	72	110	144
100	65	46	73	117	156
150	70	50	84	130	168
200	90	65	110	160	216
250	90	65	110	160	216
300	110	79	132	198	264
350	110	79	132	198	264

маниями от работы оборудования (поршневых компрессоров и насосов).

Трубопроводы, присоединенные к компрессорам, испытывают вибрации вследствие работы компрессоров и пульсации от потока рабочей среды. Пульсация потока рабочей среды в трубопроводах вызывает нарушение их герметичности и поломку чугунной арматуры, выводит из строя средства контроля и автоматики, оказывает неблагоприятное воздействие на обслуживающий персонал, даже в тех случаях, когда и нет непосредственной опасности для трубопроводов, аппаратов и строительных конструкций.

Для уменьшения влияния вибрации от работы поршневых компрессоров необходимо предусмотреть, чтобы фундаменты под компрессоры были отделены от конструкций зданий (фундаментов стен и колонн, перекрытий); площадки между смежными фундаментами компрессоров должны быть вкладными, свободно опирающимися на фундаменты. Трубопроводы, присоединяемые к компрессорам или агрегатам, должны надежно крепиться к конструкциям зданий.

Для уменьшения вибрации трубопроводов, вызываемой пульсацией газов, предусматривают буферные емкости. Обязочные трубопрово-

ды парообразного холодильного агента должны иметь небольшое число поворотов, а изменение направлений трубопроводов осуществляется с максимальными радиусами.

Для изготовления обечаек, трубных пучков, змеевиков, штуцеров, патрубков и других элементов холодильного оборудования, находящихся в рабочем состоянии в контакте с холодильными агентами, следует применять только бесшовные трубы.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

При проектировании автоматизации систем охлаждения необходимо учитывать требования действующих нормативных документов: «Указания по проектированию автоматизации производственных процессов СН 282—64»; «Правила техники безопасности на аммиачных холодильных установках»; «Правила технической эксплуатации и безопасного обслуживания электроустановок промышленных предприятий»; «Правила устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением» и др. Условные обозначения приборов и средств автоматизации, регулируемых и контролируемых величин, электроаппаратуры и технологических трубопроводов в принципиальных схемах автоматизации принимают по ГОСТ 3925—59.

Автоматизация испарительных систем

Схемы автоматизации насосно-циркуляционных, безнасосных и рассольных систем охлаждения холодильных установок составляют в зависимости от входящих в них элементов.

Автоматическое регулирование температуры воздуха в охлаждаемых помещениях. Для автоматического регулирования температуры воздуха в холодильных камерах следует предусматривать индивидуальные или многоточечные двухпозиционные регуляторы с малым дифференциалом ($0,5—1,0^{\circ}\text{C}$). При небольшом количестве камер принимается схема локального регулирования с помощью индивидуальных реле температуры для каждой камеры (например, реле температуры ПТР-2). При значительном количестве объектов регулирования и с учетом предусмотренного дальнейшего их увеличения целесообразно применять схему централизованного регулирования (по принципу автоматического опроса в заданной последовательности) с помощью многоточечных регуляторов температуры (например, машина АМУР, электронный регулирующий мост КСМ-4).

Датчики регуляторов температуры следует устанавливать в точках, характеризующих условно среднюю температуру воздуха в камерах, обычно на колоннах или стенах, по воз-

можности в доступном месте (центральный или боковой проход), на $\frac{2}{3}$ высоты от пола. Необходимо ограждать датчики для защиты от механических повреждений при грузовых операциях. Нельзя размещать датчики в непосредственной близости от охлаждающих приборов, дверей камер и в зонах непосредственного обдува вентиляторами. Вторичные приборы регуляторов температуры, как правило, устанавливают в помещениях, где находится центральный щит автоматики холодильной установки.

В качестве исполнительных органов регуляторов температуры воздуха принимают вентили с электромагнитным приводом (соленоидные вентили) — для объектов с батарейным охлаждением и вентили с электромагнитным приводом и электродвигатели вентиляторов воздухоохладителей — для объектов с воздушным охлаждением.

Для обеспечения правильного распределения холодильного агента по охлаждающим устройствам камер следует после вентилей с электромагнитным приводом (по ходу жидкости) предусматривать установку ручных регулирующих вентилей.

На рис. II—17 представлена принципиальная технологическая схема автоматизации температурного режима в камерах, оборудованных батареями и воздухоохладителями с насосно-циркуляционной системой питания холодильным агентом.

Температуру воздуха можно регулировать с помощью реле температуры (на рис. II—17, а — индивидуальное термореле), воздействующего на соленоидный вентиль и вентилятор воздухоохладителя. При повышении температуры воздуха в камере реле включает соленоидный вентиль на трубопроводе подачи холодильного агента в батарею и вентилятор воздухоохладителя. При достижении заданной температуры реле отключает соленоидный вентиль и электродвигатель вентилятора. В целях обеспечения равномерной температуры воздуха в камерах хранения охлажденных грузов целесообразно предусматривать периодическое включение и выключение вентилятора воздухоохладителя для перемешивания воздуха после его отключения по команде реле температуры.

Регулирование температуры с помощью многоточечного регулятора (например, машины АМУР) показано на рис. II—17, б. Многоточечный регулятор управляет соленоидным вентилем на трубопроводе подачи жидкого холодильного агента в пристенную и потолочную батареи. Перед соленоидным вентилем устанавливается фильтр и запорный вентиль.

Для дистанционного измерения температуры с помощью вторичного прибора (показывающего), устанавливаемого на центральном щите автоматики, служит смонтированный в ка-

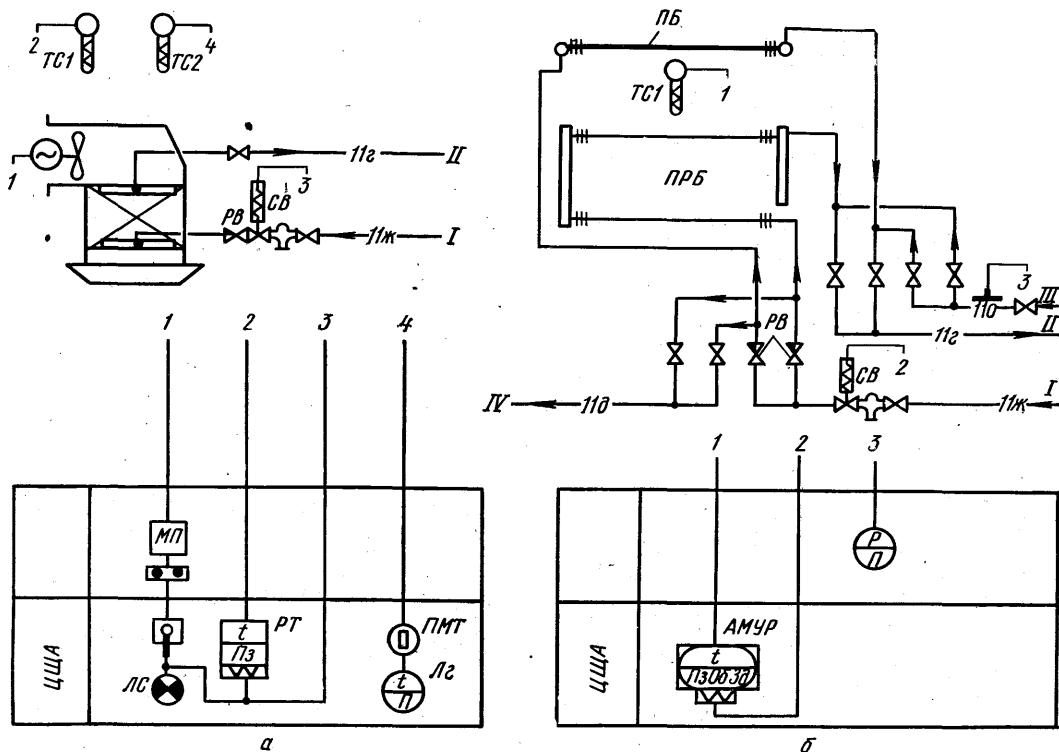


Рис. II—17. Принципиальные технологические схемы автоматизации температурного режима камер холодильника с насосно-циркуляционной системой подачи хладагента в охлаждающие устройства:

а—камера с воздушным охлаждением: 1—управление электродвигателем вентилятора воздухоохладителя; 2—контроль температуры воздуха в камере; 3—управление соленоидным вентилем подачи жидкого хладагента в батарею воздухоохладителя; 4—дистанционное измерение температуры воздуха в камере; РВ—регулирующий вентиль;

б—камера с батарейным охлаждением: 1—контроль и дистанционное измерение температуры воздуха в камере; 2—управление соленоидным вентилем подачи жидкого хладагента в потолочную ПБ и пристенную ПРБ батареи; 3—измерение давления горячих паров хладагента при оттаивании. Трубопроводы: I—жидкого хладагента—от насоса; II—хладагента—к циркуляционному ресиверу; III—горячих паров хладагента—от маслоотделителя; IV—жидкого хладагента—в дренажный ресивер.

мере, термометр сопротивления ТС2 (например, ТСМ-6114), который работает в комплекте с многоточечным переключателем и логометром (например, Л-64). При применении многоточечного регулятора температуры с датчиками-термометрами сопротивления дополнительной установки ТС2 для дистанционного измерения температуры не требуется, так как оно осуществляется в точках регулирования по тем же каналам и одним датчиком. Местное контрольное измерение температуры воздуха производится техническим стеклянным термометром, который устанавливается в камере. Оттаивание батарей осуществляется горячими парами хо-

лодильного агента, подача которых регулируется вручную. Для воздухоохладителей рекомендуется предусматривать автоматическое оттаивание. Система регулирования температурно-влажностного режима камер хранения мороженных грузов промежуточных этажей многостажных холодильников с батарейным охлаждением, предложенная Гипрохолодом и ВНИХИ, приведена на рис. II—18. Схема предусматривает ступенчатое регулирование холодопроизводительности охлаждающих приборов в зависимости от тепловой нагрузки камеры с помощью двух датчиков температуры ТС1 и ТС2, которые управляют соленоидными вентилями

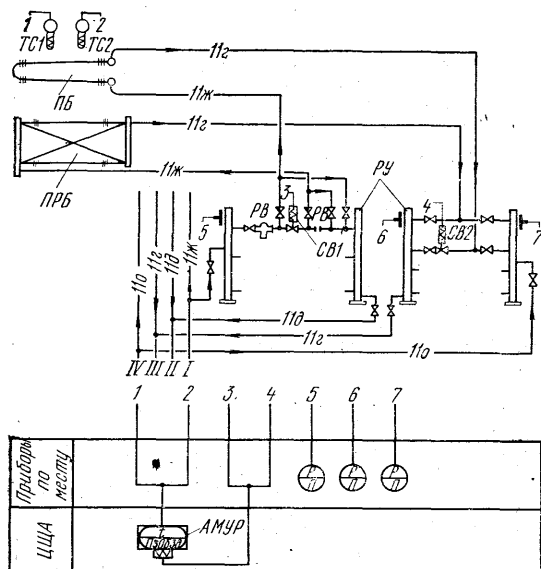


Рис. II—18. Принципиальная технологическая схема автоматизации температурного режима камер холодильника:

1, 2—контроль и дистанционное измерение температуры воздуха в камере; 3, 4—управление соленоидным вентилем подачи жидкого хладагента в пристенную батарею PPB и соленоидным вентилем отсоса хладагента из потолочной батареи ПБ; 5—7—измерение давлений; PV—газовое и жидкостное распределительное устройство; PV—регулирующий вентиль. Трубопроводы: I—жидкого хладагента—от насоса; II—слива жидкого хладагента—в дренажный ресивер; III—газа—к циркуляционному ресиверу; IV—горячих паров хладагента—от маслоотделителя.

CB1 и CB2 на жидкостном трубопроводе пристенной батареи и газовом трубопроводе потолочной батареи. При этом поверхность пристенных батарей рассчитывается на погашение постоянно действующих наружных теплопритоков, а потолочных—на холодильную обработку.

После холодильной обработки в установившемся режиме происходит автоматическое отключение потолочной батареи, дальнейшее регулирование температуры осуществляется за счет управления CB1 пристенной батареи. Этим достигается уменьшение осушающего действия батарей, в камере поддерживается повышенная относительная влажность воздуха, что снижает естественную убыль хранящихся продуктов. Автоматическое регулирование и контроль температуры воздуха в камерах с рассольным охлаждением аналогично.

Автоматическое регулирование воздуха в камерах, работающих по безнасосной схеме,

решается совместно с системой автоматического регулирования заполнения охлаждающих приборов камер жидким холодильным агентом. Автоматическое заполнение охлаждающих приборов жидким хладагентом может осуществляться по перегреву паров на выходе из них с помощью терморегулирующих вентилей ТРВА, комбинированных реле температуры КТР-2М или реле перепада температуры ПТРД-2, а также по уровню жидкого холодильного агента в охлаждающих приборах с помощью реле уровня ПРУ-5.

На рис. II—19 показана технологическая схема автоматизации регулирования температуры воздуха и заполнения жидким холодильным агентом охлаждающих устройств камер холодильников, работающих по безнасосной схеме с помощью комбинированного реле КТР-2М (термореле вместе с реле перепада температур). В случае применения реле перепада температур ПТРД-2 дополнительно предусматривается отдельное термореле (например, ПТР-2), в остальном схема решается аналогично описанной выше.

Автоматическое регулирование подачи жидкого холодильного агента в испарительные системы. Автоматическое регулирование подачи жидкого холодильного агента в циркуляционный ресивер (рис. II—20) осуществляется при помощи реле уровня PУ4, управляющего соленоидным вентилем на трубопроводе подачи жидкого аммиака в этот ресивер (отделитель жидкости) при работающем насосе АН. Для дросселирования жидкости и первоначальной настройки системы регулирования после соленоидного вентилля (по ходу жидкости) следует предусматривать ручной регулирующий вентиль. С целью обеспечения устойчивой и безаварийной работы насоса датчик реле уровня размещают на ресивере так, чтобы общая высота столба жидкости над осью аммиачного насоса составляла не менее 2,0—2,5 м. Для предотвращения попадания жидкого холодильного агента во всасывающие трубопроводы компрессоров вертикальный циркуляционный ресивер оборудуют реле уровня PУ3, осуществляющим сигнализацию предельного уровня, и PУ1, PУ2 (дублированные)—для аварийного отключения.

В случае применения горизонтального циркуляционного ресивера с отделителем жидкости (рис. II—21) реле уровня PУ3, сигнализирующее предельный уровень в ресивере, устанавливают на уровне 80% его заполнения, а защитные реле уровня PУ1 и PУ2 (дублированные) монтируют на уровне нижнего днища отделителя жидкости.

При аварийном уровне в ресивере (отделителе жидкости) следует предусматривать отключение электродвигателей всех компрессо-



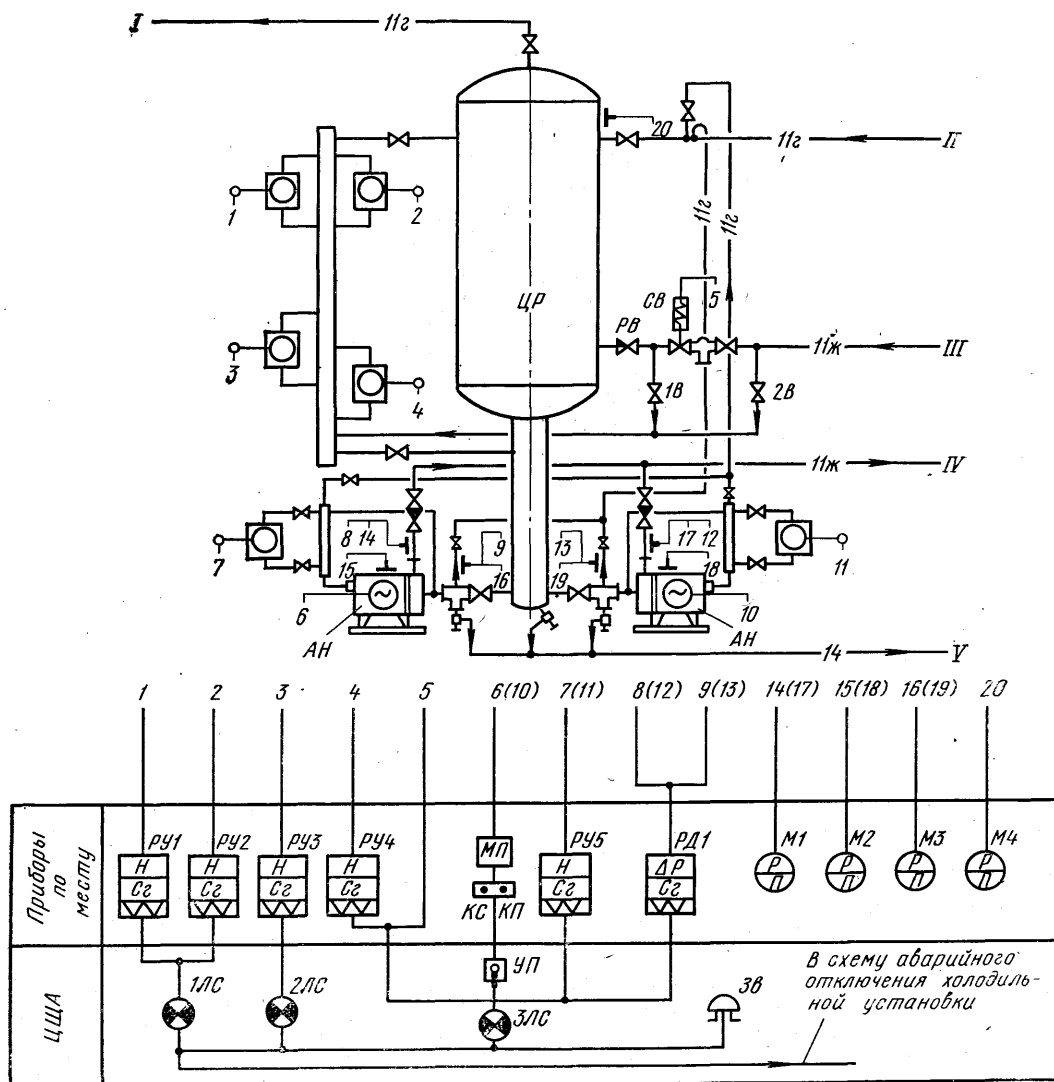


Рис. II—20. Принципиальная технологическая схема автоматизации вертикального циркуляционного ресивера и герметичных насосов:

1, 2—контроль аварийного уровня хладагента и отключение холодильной установки; 3—контроль предельного (верхнего) уровня; 4—контроль и регулирование рабочего уровня хладагента; 5—управление соленоидным вентилем подачи хладагента в циркуляционный ресивер (ЦР); 6, 10—управление электродвигателем рабочего и резервного герметичного аммиачного насоса (АН); 7, 11—контроль заполнения полости насоса хладагентом; 8, 9, 12, 13—контроль перепада давлений нагнетания и всасывания у насоса; 14—20—измерение давлений. Трубопроводы: I—газовый — к компрессорам; II—газовый — от потребителей холода; III—жидкостной — от конденсатора; IV—жидкостной — к потребителям холода; V—масла — к маслосборнику.

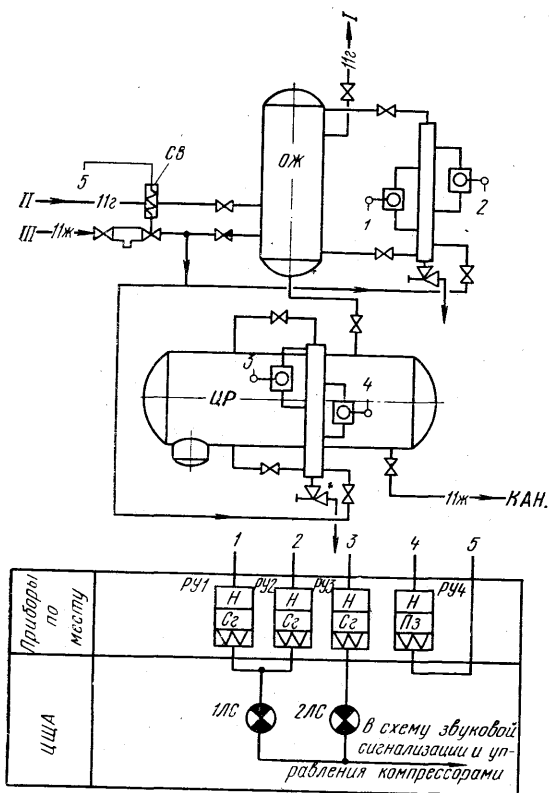


Рис. II—21. Принципиальная технологическая схема автоматизации горизонтального циркуляционного ресивера (обозначение позиций — см. подпись к рис. II—20).

смаывается с целью согласования холодопроизводительности компрессоров с тепловой нагрузкой путем их автоматического пуска и остановки. При регулировании температуры кипения датчики регуляторов температуры устанавливают на жидкостных трубопроводах или специальных колонках с жидким хладагентом, находящихся под давлением всасывания. При регулировании температуры хладоносителя датчики монтируют на магистральных трубопроводах входа или выхода (предпочтительно) его из испарителей. При регулировании давления кипения датчики регуляторов давления устанавливают на соответствующих всасывающих магистралях. При этом давление кипения следует использовать в качестве регулируемого параметра при температурах кипения выше -15°C .

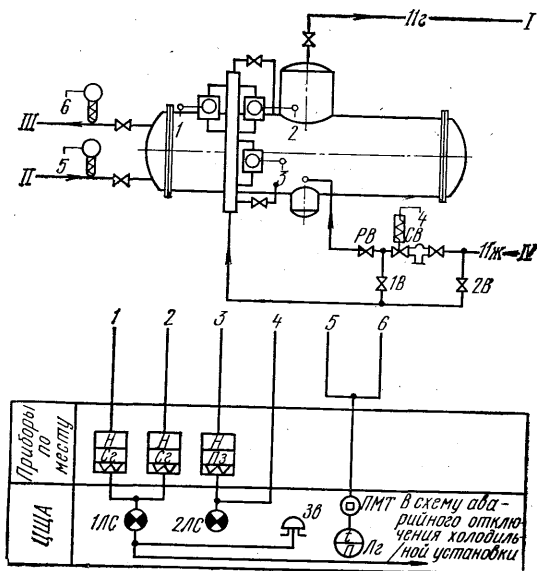


Рис. II—22. Принципиальная технологическая схема автоматизации кожухотрубного испарителя:

1, 2—контроль аварийного уровня хладагента и отключение холодильной установки; 3—контроль и регулирование рабочего уровня хладагента; 4—управление соленоидным вентилем подачи хладагента в испаритель; 5, 6—дистанционное измерение температуры хладоносителя. Трубопроводы: I—газовый — к компрессорам; II—входа хладоносителя; III—выхода хладоносителя; IV—хладагента — от конденсатора.

В случае присоединения к испарительной системе одного компрессора, не имеющего автоматического регулирования холодопроизводительности, регулирование осуществляется двухпозиционно (пуск и остановка). С изменением нагрузки изменяется коэффициент рабочего времени компрессора, т. е. отношение длительности рабочей части цикла к продолжительности всего цикла.

При работе на испарительную систему двух или более компрессоров предусматривается астатическая ступенчатая система автоматического регулирования:

при числе компрессоров до трех — путем изменения значений настроек регуляторов для каждого компрессора индивидуально (рис. II—23);

при числе компрессоров или ступеней регулирования компрессоров, оборудованных системой регулирования холодопроизводительности (например, винтовые агрегаты с регулированием холодопроизводительности 10—100%), более трех — путем импульсной (шаговой) систе-

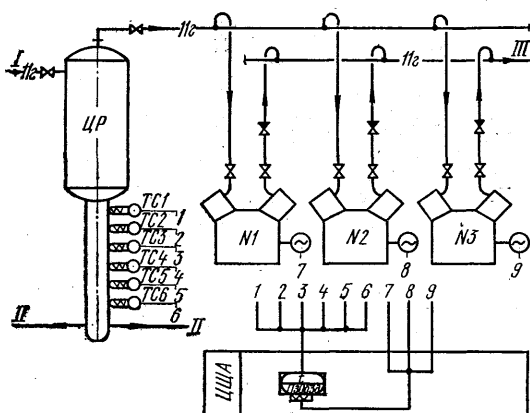


Рис. II—23. Принципиальная технологическая схема ступенчатого регулирования холодопроизводительности компрессоров:

1—6—контроль температуры кипения жидкого хладагента в испарительной системе; 7—9—управление электродвигателями компрессоров № 1, 2, 3. Трубопроводы: I—от потребителей холода; II—к аммиачным насосам; III—на конденсаторы.

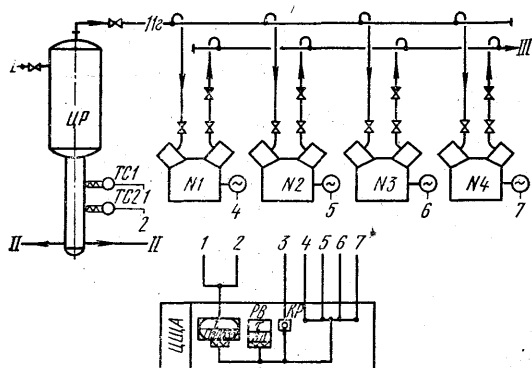


Рис. II—24. Принципиальная технологическая схема импульсного регулирования холодопроизводительности компрессоров:

1, 2—контроль температуры кипения жидкого хладагента в испарительной системе; 3—выбор очередности пуска компрессоров; 4—7—управление электродвигателями компрессоров № 1—4. Трубопроводы: I—от потребителей холода; II—к аммиачным насосам; III—на конденсаторы.

мы регулирования при одинаковых значениях настроек регуляторов для каждого компрессора (рис. II—24).

При ступенчатом регулировании с индивидуальной настройкой для каждого компрессора (рис. II—25) настройку следует выполнять так,

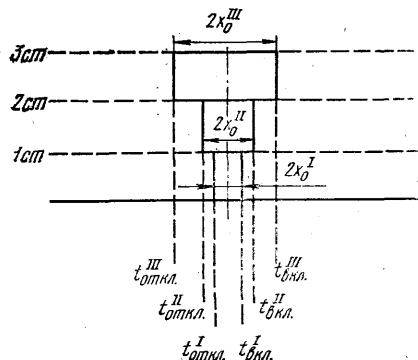


Рис. II—25. Диаграмма настройки управляющих терморегуляторов.

чтобы температура (давление) пуска каждого из последующих компрессоров была выше температуры пуска предыдущего, а температура остановки последующего компрессора — ниже температуры остановки предыдущего, т. е.

$$t_{\text{вкл}}^I < t_{\text{вкл}}^{II} < t_{\text{вкл}}^{III}, \quad (\text{II-5})$$

$$t_{\text{откл}}^I > t_{\text{откл}}^{II} > t_{\text{откл}}^{III}. \quad (\text{II-6})$$

Из этого условия следует, что дифференциал каждого последующего регулятора больше предыдущего, т. е.

$$2^I x_0 < 2^{II} x_0 < 2^{III} x_0, \quad (\text{II-7})$$

где
$$x_0^N = \frac{t_{\text{вкл}}^N - t_{\text{откл}}^N}{2};$$

при этом

$$2x_{\text{омакс}}^N \leq 3^\circ\text{C}, \quad (\text{II-8})$$

где $2x_{\text{омакс}}^N$ — максимальный дифференциал регулятора.

При использовании многоточечного регулятора температуры типа машины АМУР в схеме астатического ступенчатого регулирования производительности компрессоров (см. рис. II—23) для пуска и остановки каждого компрессора могут быть использованы два термометра сопротивления, присоединяемых к двум точкам АМУР или один термометр сопротивления 9- и 10-го каналов каждого десятка точек машины АМУР, имеющих дифференциал около 3° . Температуры кипения холодильного агента, при которых осуществляется пуск и остановка компрессоров, определяются задатчиками регулятора, включенными в измерительную схему.

В случае применения электронного моста включение и отключение компрессоров проис-

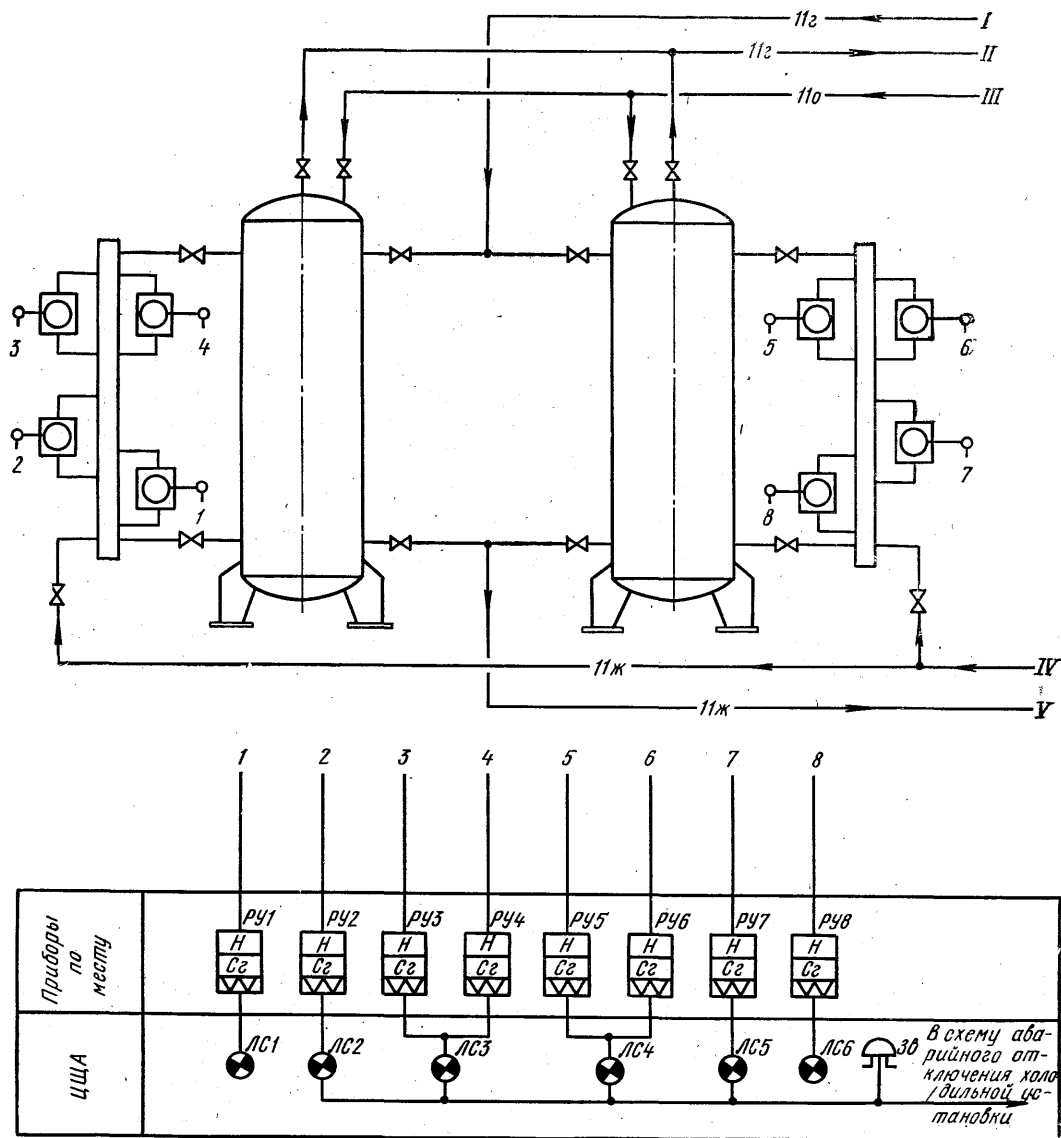


Рис. II—26. Принципиальная технологическая схема автоматизации защитных вертикальных ресиверов:

1, 8—контроль нижнего уровня хладагента; 2, 7—контроль верхнего уровня; 3—6—контроль аварийного уровня и отключение холодильной установки. (Обозначения трубопроводов см. подпись к рис. II-27).

ходит аналогично схеме с машиной АМУР. В этом случае можно использовать один датчик температуры — термометр сопротивления, подключаемый к шести точкам моста. Измери-

тельная схема каждой точки имеет задатчик, который настраивается на соответствующую температуру, а обтекающее устройство подключает датчик к каждой измерительной схеме.

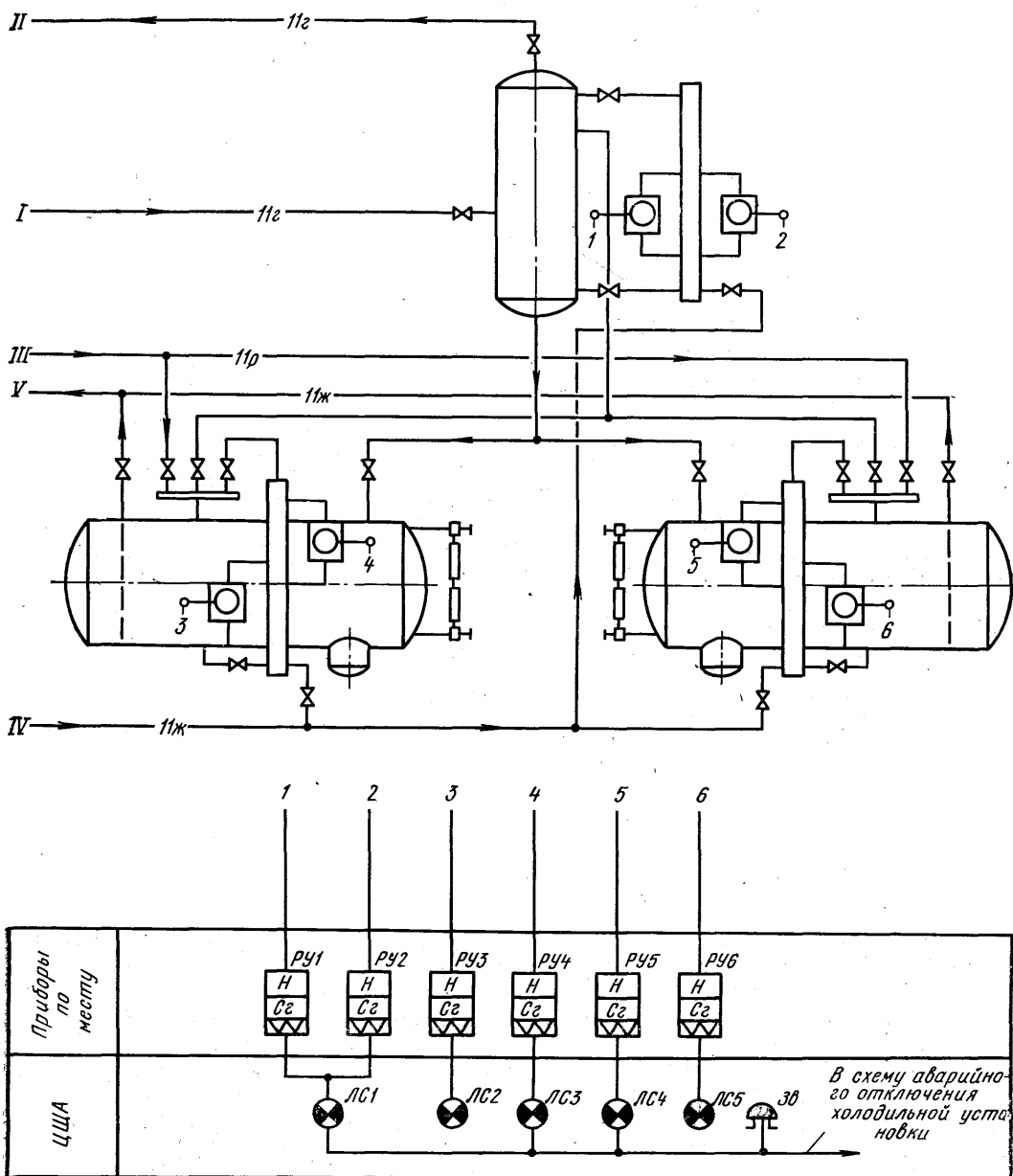


Рис. II—27. Принципиальная технологическая схема автоматизации горизонтальных ресиверов с отделителем жидкости:

1, 2—контроль аварийного уровня и отключение холодильной установки; 3, 6—контроль нижнего уровня; 4, 5—контроль верхнего уровня. Трубопроводы: I—от потребителей холода; II—к компрессорам; III—горячих паров хладагента — от маслоотделителя; IV—жидкого хладагента; V—жидкого хладагента в систему.

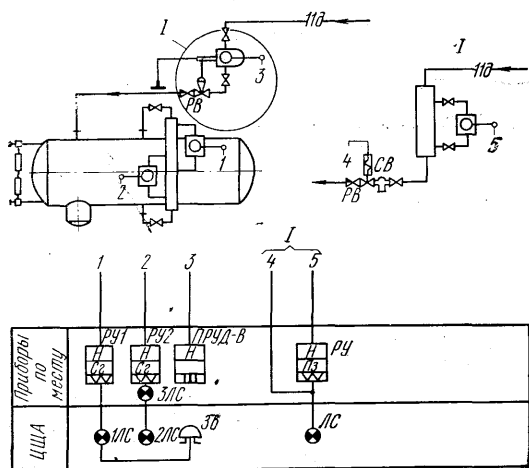


Рис. II-28. Принципиальная технологическая схема автоматизации дренажного ресивера:

1—контроль верхнего уровня; 2—контроль нижнего уровня; 3—контроль наличия жидкого хладагента; 4—управление соленоидным вентилем; 5—контроль наличия жидкого хладагента; 1—расширительная колонка.

При использовании индивидуальных терморегуляторов, например ПТР-2, каждый терморегулятор управляет одним компрессором. Дифференциал значений температуры кипения, при которых компрессор включается и отключается, устанавливается при помощи ручки настройки на каждом регуляторе.

В схеме астатического импульсного (шагового) регулирования производительности компрессоров (см. рис. II-24) автоматическая подача команд на их включение и отключение в соответствии с заданной заранее очередностью (ключ управления КР) производится с помощью программного реле времени РВ. Реле каждые 20—30 мин производит контроль (опрос) температуры кипения, контролируемой регулятором температуры, контакты которого дают соответствующие импульсы на включение и отключение компрессоров через релейную распределительную схему.

Контроль уровня хладагента в защитных и дренажных ресиверах. Для предотвращения попадания жидкого хладагента во всасывающие трубопроводы компрессоров, а паров высокого давления — в испарительную систему (при передавливании жидкого хладагента) для каждого защитного вертикального ресивера (или горизонтального с отделителем жидкости) предусматриваются реле уровня (рис. II-26, 27) контролирующие:

аварийный уровень (дублировано) с отклю-

чением холодильной установки и подачи аварийного светового и звукового сигналов;

верхний предельный уровень с подачей предупредительного светового и звукового сигналов;

нижний уровень с подачей светового сигнала (по месту).

Дренажные ресиверы (рис. II-28) оборудуются реле уровня, сигнализирующими нижний и верхний предельные уровни жидкого хладагента. Достижение верхнего уровня сопровождается звуковым и световым сигналами, нижнего — световым сигналом (по месту). Для обеспечения автоматического дренирования жидкого хладагента при оттаивании охлаждающих приборов камер дренажные ресиверы снабжаются регулятором уровня высокого давления ПРУДВ, который устанавливается на магистральном дренажном трубопроводе. Регулятор пропускает в дренажный ресивер только жидкий хладагент и тем самым предотвращает повышение давления в аппарате вследствие попадания паров высокого давления. Вместо регулятора ПРУДВ можно использовать реле уровня РРУ-5, управляющее соленоидным вентилем. Поплавковая камера реле уровня устанавливается на колонке.

Автоматизация работы насосов. Управление насосами для циркуляции жидкого хладагента и хладоносителя (рассола) предусматривается по команде соответствующих потребителей холода: с включением охлаждающих устройств хотя бы одного объекта охлаждения (при небольшом количестве объектов) — пуск; при отключении всех охлаждающих устройств испарительной системы — остановка. Такую блокировку не предусматривают при числе объектов охлаждения (камер) более 15. Пуск и остановку насосов производят по месту или дистанционно с ЦЩА оператором. Работа насосов сигнализируется световым и звуковым сигналами на ЦЩА.

Для предотвращения слива жидкости (аммиака, рассола) из трубопроводов при остановке насосов устанавливаются обратные клапаны на напорных линиях каждого насоса.

Предусматривается защита насосов от срыва струи перекачиваемой жидкости: для аммиачного насоса — с помощью реле разности давлений РД1 (например, РКС-1А-02), датчики которого присоединяются к всасывающему и напорному трубопроводам; для рассольного насоса — с помощью реле давления (например, РД-М5) на напорном трубопроводе.

Для герметичных бесшмазочных насосов (ЦНГ-68, ЦНГ-70М) следует предусматривать контроль залива насоса хладагентом с помощью реле уровня РУ5. Поплавковая камера реле уровня устанавливается выше оси насоса на 250—300 мм.

Автоматизация компрессоров и компрессорных агрегатов

Автоматизация компрессоров и компрессорных агрегатов предусматривает автоматическое управление их работой и автоматическую противоаварийную защиту.

В настоящее время промышленностью выпускаются холодильные машины с высокой степенью заводской готовности, укомплектованные необходимыми приборами защиты и пультами (щитами), обеспечивающими автоматическое управление, защиту и сигнализацию работы машин.

Предварительным условием пуска первого по порядку компрессора любой системы охлаждения является включение первого по порядку водяного насоса, подающего охлаждающую воду на конденсаторы, и насоса, осуществляющего циркуляцию хладагента (при системе охлаждения с промежуточным хладагентом).

При наличии открытых испарителей с мешалками двигатели последних пускаются одновременно с двигателями насосов. Последовательность автоматического пуска компрессоров данной системы охлаждения задается оператором. Последовательность пуска может задаваться системой управления (специальным переключателем) либо изменением настроек пусковых регуляторов.

Автоматизация конденсаторной группы

При проектировании системы автоматизации конденсаторной группы, включающей маслоотделитель, конденсаторы, линейные ресиверы, водяные насосы, устройство оборотного охлаждения воды, предусматривается регулирование уровня жидкого хладагента в маслоотделителе промывного типа; контроль уровня жидкого хладагента в линейном ресивере; автоматическое управление работой водяных насосов и автоматическое регулирование уровня воды в резервуаре; автоматическое управление вентиляторами испарительных и воздушных конденсаторов и вентиляционных градирен.

На рис. II—30 показана принципиальная технологическая схема автоматизации конденсаторной группы с испарительными конденсаторами.

Уровень жидкого аммиака в маслоотделителе промывного типа следует поддерживать с помощью специального поплавкового регулятора уровня ПР-14 или реле уровня ПРУ-5 и соленоидного вентиля, работающего без перепада давлений (СВМ-15). В отдельных случаях для этой цели может быть использован уронедрожатель. Высота столба жидкого холодильного агента над уровнем его в маслоотделителе должна быть около 1,5 м.

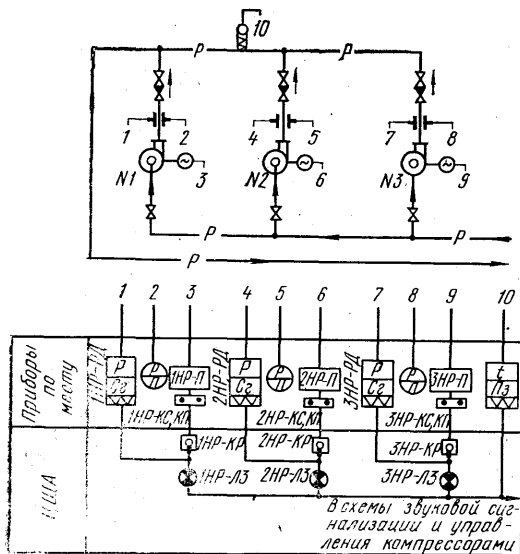


Рис. II-29. Принципиальная технологическая схема автоматизации рассольных насосов:

1, 4, 7—контроль давления рассола в нагнетательных трубопроводах; 2, 5, 8—измерение давления рассола в нагнетательных трубопроводах; 3, 6, 9—управление электродвигателями насосов; 10—контроль температуры рассола.

При срабатывании защит РКС-1А-02 (при срыве струи) и ПРУ-5 (при отсутствии залива насоса) насос отключается и подается аварийный звуковой и световой сигналы. В соответствии с рекомендациями завода-изготовителя для насосов ЦНГ следует предусматривать местный контроль их работы (напор, состояние внутреннего и внешнего фильтров) с помощью манометров.

Для аммиачных насосов, требующих смазки, целесообразно предусматривать контроль уровня масла (реле ПРУ-5) в масляном баке (предупредительная сигнализация). Схема управления аммиачными насосами приведена на рис. II—20.

Для рассольных насосов (рис. II—29) схемами управления предусматривается возможность работы любого из насосов в качестве резервного и автоматическое включение резервного насоса при аварийной остановке любого из рабочих насосов, а также выбор очередности их включения с помощью ключа управления. Наличие давления рассола является разрешающим сигналом на пуск компрессоров.

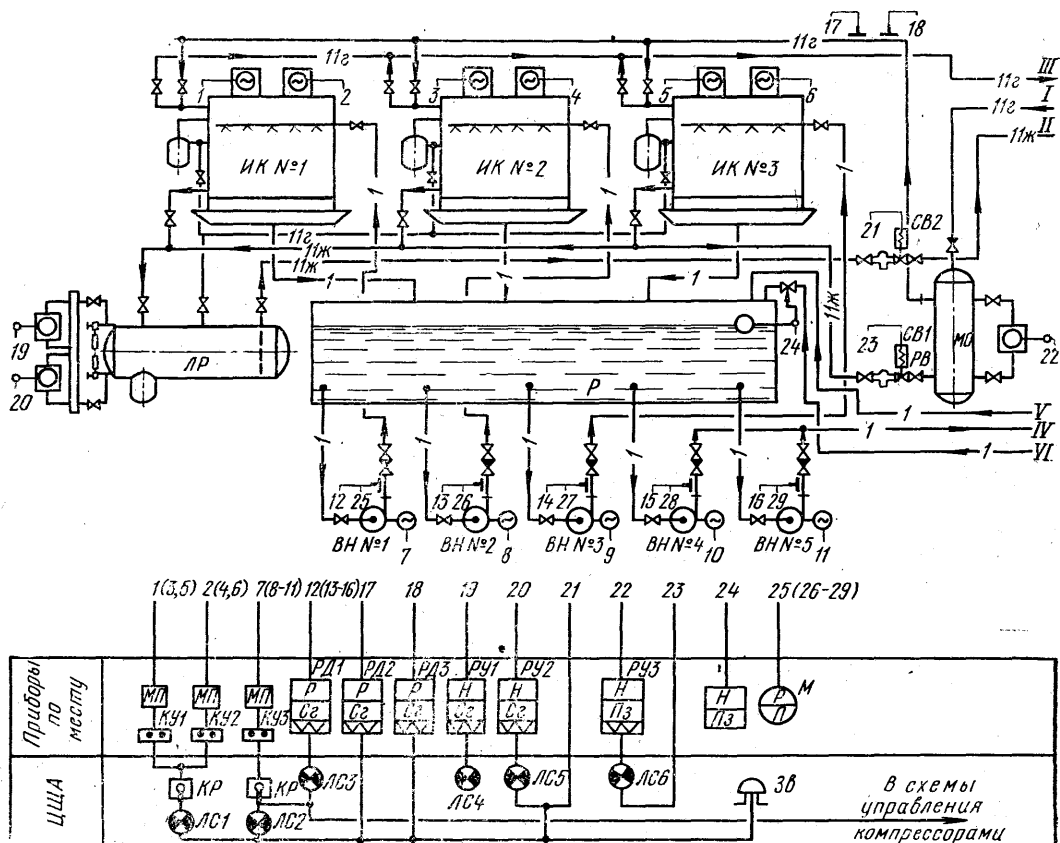


Рис. II-30. Принципиальная технологическая схема автоматизации конденсаторной группы:

1-6—управление электродвигателями вентиляторов испарительных конденсаторов (ИК); 7-11—управление электродвигателями водяных насосов; 12-16—контроль давления воды после насосов; 17, 18—контроль давления конденсации; 19—контроль верхнего уровня хладагента в линейном ресивере (ЛР); 20—контроль нижнего уровня хладагента; 21—управление соленоидным вентилем подачи хладагента в систему; 22—контроль уровня хладагента в маслоотделителе (МО); 23—управление соленоидным вентилем подачи хладагента в маслоотделитель; 24—регулирование уровня воды в резервуаре (Р); 25-29—измерение давления воды. Трубопроводы: I—от компрессоров; II—в испарительную систему; III—отсоса паров хладагента (присоединяется до ЦР или ОЖ); IV—на охлаждение рубашек компрессора; V—слива от рубашек компрессоров; VI—добавки свежей воды на пополнение системы обратного водоснабжения.

В линейном ресивере с помощью реле уровня РУ1 и РУ2 предусматривается автоматический контроль нижнего и верхнего уровней жидкого холодильного агента. При достижении нижнего уровня включается световая и звуковая предупредительная сигнализация (ЛС5, Зв) и закрывается соленоидный вентиль СВ2 на трубопроводе подачи хладагента в испарительную систему. При верхнем уровне подается только световой сигнал ЛС4.

Схемой автоматизации управления работой водяных насосов предусматривается их работа

в автоматическом и местном режимах при постоянно открытых задвижках на всасывающих и нагнетательных трубопроводах. Местное управление производится кнопками КУ у насосов. Первый водяной насос и вентиляторы соответствующего испарительного конденсатора пускают по команде на включение любого компрессора, другие водяные насосы и вентиляторы испарительных конденсаторов — по давлению конденсации с помощью реле давления РД2 и РД3 (типа РД-4А-01). Предусматривается контроль давления воды после водяных насосов с

помощью реле РД1 типа РД-М5. При установке испарительных конденсаторов с индивидуальными водяными насосами резервный насос может быть предусмотрен на складе. При работе нескольких водяных насосов (с резервным) на общую магистраль для обслуживания, например, горизонтальных кожухотрубных конденсаторов схемой предусматривается автоматическое включение резервного насоса при аварийном отключении любого из рабочих насосов (падение давления в напорном трубопроводе). Кроме того, включение последующих насосов (после пуска первого) может производиться по заданной разности температур воды, отходящей от конденсаторов и поступающей на них (реле разности температур ПТРД-2).

При использовании вертикальных кожухотрубных конденсаторов с градирнями, требующих работы двух групп водяных насосов (двойная перекачка), следует предусматривать также их блокировку.

Работа водяных насосов и вентиляторов испарительных конденсаторов и градирен сигнализируется лампами на центральном щите автоматики. При аварийном отключении насосов подается звуковой сигнал. Автоматическое управление вентиляторами градирни может производиться по температуре воды в сборном резервуаре.

Для компенсации потерь воды в системе оборотного водоснабжения при периодической добавке ее из водопровода следует предусматривать автоматическое регулирование уровня в резервуаре с помощью регуляторов уровня. Для этой цели наиболее целесообразно применять регуляторы прямого действия. Может быть так же применен электронный сигнализатор уровня ЭРСУ-2, который управляет соленоидным вентилем на трубопроводе подачи воды в резервуар.

Для удаления воздуха и других неконденсирующихся газов из системы холодильной установки, особенно при наличии низкотемпературных систем испарения хладагента, следует предусматривать автоматическое отделение воздуха, например марки АВ-4 системы ВНИИХ, которые присоединяют к всасывающему трубопроводу до отделителя жидкости с температурой кипения -30°C и ниже.

Автоматизация оттаивания воздухоохладителей

Схемами автоматизации воздухоохладителей предусматриваются дистанционное управление вентиляторами воздухоохладителей и исполнительными механизмами; полуавтоматическое или автоматическое управление циклом оттаивания; автоматический дренаж жидкого хлада-

гента из воздухоохладителей; световая технологическая сигнализация.

Для автоматизированных воздухоохладителей и схем трубопроводов предусматривают поддоны с уклоном, обеспечивающим беспрепятственный слив воды; надежный обогрев поддонов (при отрицательных температурах воздуха в камерах) горячими парами холодильного агента или подогретым хладоносителем, подаваемым в змеевики поддонов или электронагревателями. Змеевики должны быть приварены к поддону. С целью предотвращения потерь тепла поддоны необходимо тщательно изолировать; удельный расход тепла для обогрева поддона принимается $1,5-2,0\text{ кВт}$ ($1200-1600\text{ ккал}$) на 1 м^2 площади поддона. Трубопроводы подачи воды для орошения и слива ее с поддонов воздухоохладителей проектируются с уклоном в сторону подачи и слива, должны обогреваться в случае прохода их через помещения с отрицательной температурой воздуха и иметь изоляцию. Трубопроводы подачи горячих паров холодильного агента или подогретого хладоносителя в воздухоохладители изолируются по всей длине. Дренажные трубопроводы должны обеспечивать беспрепятственный слив холодильного агента из воздухоохладителей в дренажный ресивер.

Трубопроводы подачи воды для орошения и слива с поддонов рекомендуется обогревать при помощи специальных обогревательных кабелей, проводов или гибких электронагревателей. В любом случае необходимо обеспечить надежную электроизоляцию трубопроводов.

Удельный расход тепла на 1 м трубопровода диаметром $50-100\text{ мм}$ следует принимать равным $0,15-0,2\text{ кВт}$ в зависимости от температуры окружающего воздуха и диаметра трубопровода.

Для обеспечения надежного оттаивания давление горячих паров хладагента, подаваемого в воздухоохладитель, должно быть не менее $700-800\text{ кПа}$ ($7-8\text{ кгс/см}^2$), температура подогретого хладоносителя $30-50^{\circ}\text{C}$; температура подаваемой для орошения воды $25-30^{\circ}\text{C}$.

Воздухоохладители в зависимости от их конструктивного исполнения и принятой системы охлаждения оттаивают с помощью:

горячих паров холодильного агента или подогретого хладоносителя — для воздухоохладителей камер с отрицательными температурами воздуха;

орошения водой — для камер с положительными температурами (возможно оттаивание и без орошения — при работающем вентиляторе и предварительно сдrenированной жидкости);

комбинированного способа (горячими парами холодильного агента или подогретым хладоносителем с одновременным орошением

водой) — для воздухоохладителей камер замораживания и других камер с интенсивным инееобразованием;

электронагревателей.

При любом способе оттаивания (кроме систем с промежуточным хладоносителем) необходимо к воздухоохладителю подвести трубопровод подачи горячих паров холодильного агента для периодической профилактической продувки в ручном режиме.

Схемы автоматизации процесса оттаивания могут решаться как отдельно, так и совместно с системой автоматического регулирования температуры воздуха в камерах. В качестве командного прибора, управляющего процессом оттаивания (управление — соленоидными вентилями, вентиляторами воздухоохладителей, нагревателями по заданной программе), принимают многоконтактные реле времени с диапазоном настройки 0—90 мин. В зависимости от конкретных условий работы каждого воздухоохладителя продолжительность оттаивания можно варьировать путем изменения настройки реле времени. Оттаивание воздухоохладителей камер хранения и охлаждения рекомендуется предусматривать при толщине слоя инея не больше 5—7 мм, а воздухоохладителей морозильных камер — после каждого цикла замораживания.

Ввиду отсутствия в настоящее время простых и надежных приборов, контролирующих нарастание инея на батарее воздухоохладителя, схемы автоматизации процесса их оттаивания решаются, как правило, в полуавтоматическом режиме: команда на оттаивание подается оператором, далее процесс оттаивания (управление исполнительными механизмами по заданной программе) и последующий переход на режим охлаждения производится автоматически.

При наличии прибора или устройства, контролирующего нарастание инея, например микроманометра, фиксирующего перепад давлений воздуха до и после воздухоохладителя, процесс оттаивания и управления воздухоохладителем можно полностью автоматизировать.

На рис. II—31 приведена принципиальная технологическая схема автоматизации оттаивания воздухоохладителя с помощью горячих паров хладагента. Соленоидные вентили *CB1-CB4* и вентиляторы управляются по заданной программе с помощью реле времени *PB* по команде оператора (нажатием кнопки *KY2* на центральном щите автоматики). Процесс оттаивания сигнализируется лампой *ЛС2*. Соленоидный вентиль *CM1* и вентиляторы воздухоохладителя управляются также камерным терморегулятором системы автоматического регулирования температуры воздуха.

В целях предотвращения попадания паров

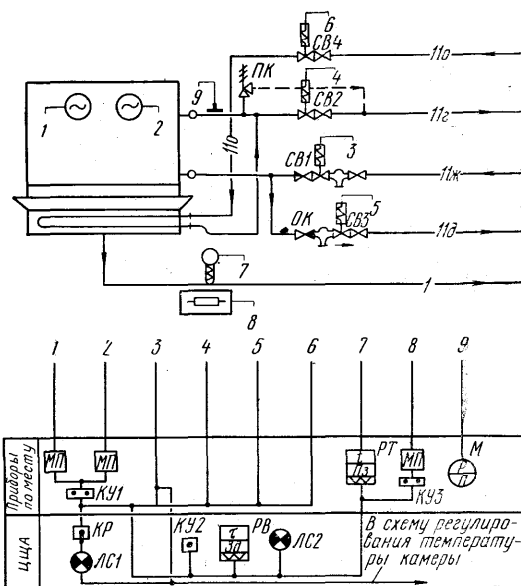


Рис. II—31. Принципиальная технологическая схема автоматизации процесса оттаивания воздухоохладителя горячими парами хладагента:

1, 2—управление электродвигателями вентиляторов воздухоохладителя; 3—управление соленоидным вентилем подачи жидкого хладагента; 4—управление соленоидным вентилем отсоса паров хладагента; 5—управление соленоидным вентилем слива хладагента в дренажный ресивер; 6—управление соленоидным вентилем подачи горячих паров хладагента; 7—контроль температуры трубопровода слива талой воды из поддона воздухоохладителя; 8—управление электронагревателем трубопровода; 9—измерение давления.

высокого давления из батарей воздухоохладителей, находящихся в режиме оттаивания, в батарею воздухоохладителя, работающего в режиме охлаждения, на дренажном трубопроводе каждого воздухоохладителя следует устанавливать обратный клапан. Вместо обратного клапана можно дополнительно установить соленоидный вентиль, в котором жидкий холодильный агент при оттаивании поступает под клапан.

Для предотвращения повышения давления в батарее воздухоохладителя при оттаивании (в случае закрытия ее соленоидными вентилями) в соответствии с правилами техники безопасности устанавливается предохранительный клапан. Трубопровод слива талой воды обогревается электронагревателем, управляемым термореле. Предусматривается дистанционное управление воздухоохладителем с центрального щита автоматики с помощью ключа.

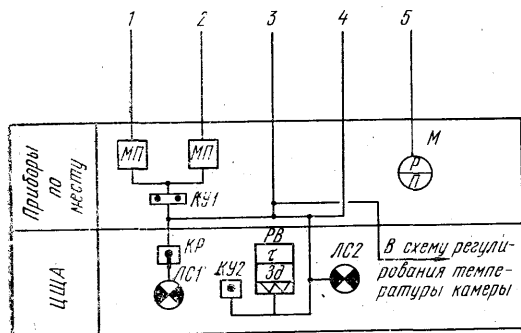
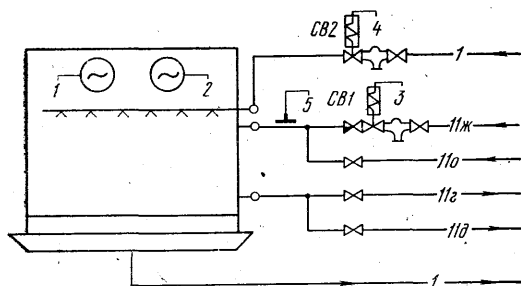


Рис. II—32. Принципиальная технологическая схема автоматизации процесса оттаивания орошением водой воздухоохладителя с верхней подачей хладагента:

1, 2—управление электродвигателями вентиляторов воздухоохладителя; 3—управление соленоидным вентилем подачи хладагента в воздухоохладитель; 4—управление соленоидным вентилем подачи воды на орошение; 5—измерение давления.

Работа воздухоохладителя сигнализируется лампой ЛС1.

На рис. II—32 показана принципиальная схема автоматизации оттаивания орошением водой воздухоохладителя с верхней подачей холодильного агента. Кроме автоматического оттаивания, схемой предусматривается возможность профилактического оттаивания горячими парами холодильного агента вручную. Необходимое давление горячих паров хладагента устанавливается по манометру с помощью запорного вентиля.

На рис. II—33 представлена принципиальная схема автоматического оттаивания воздухоохладителей с помощью электронагревателей, встроенных в их поддоны и охлаждающие батареи (например, воздухоохладители ВОП). В целях максимального упрощения схемы автоматизации и сокращения приборов автоматизации предусмотрена установка одного солено-

идного вентиля на общем газовом трубопроводе. Оттаивание происходит без дренирования жидкого холодильного агента. Если давление в батареях воздухоохладителей выше давления аммиачного насоса, холодильный агент выходит в систему. В остальном схема аналогична вышеописанным.

Во всех случаях на период оттаивания, кроме оттаивания воздухоохладителей воздухом камеры, вентиляторы воздухоохладителей отключаются. Автоматический слив жидкого хладагента в дренажный ресивер предусматривается с помощью поплавкового регулятора уровня ПРУД-В или реле уровня ПРУ-5 и соленоидного вентиля (см. рис. II—28).

Измерение рабочих параметров и автоматическая сигнализация

Для объективной оценки работы холодильной установки, сооружения в целом и подготовки отчетности по технической эксплуатации рекомендуется предусматривать дистанционное и местное измерение рабочих параметров.

Дистанционное измерение температуры производится при помощи медных термометров сопротивления ТСМ (ТСМ-6114 — воздух, ТСМ-5071 — среды) градуировки 23 в комплекте с логометрами Л-64 и многоотсчетными переключателями ПМТ (ПМТ-6, ПМТ-12, ПМТ-20 в зависимости от потребного количества точек измерения). Термометры сопротивления подключаются к логометру по трехпроводной схеме. Вместо медных термометров сопротивления градуировки 23 (сопротивление соединительных линий 15 Ом) можно применять термометры сопротивления других градуировок.

Местное измерение температуры производится техническими стеклянными термометрами (ГОСТ 2823—73) и приборами ПИТ-2.

Предусматривается измерение температуры: воздуха в холодильных камерах, наружного воздуха; в толще замораживаемого продукта (ПИТ-2); кипения жидкого холодильного агента; паров холодильного агента после циркуляционного ресивера или отделителя жидкости; жидкого холодильного агента до и после переохладителя, жидкого холодильного агента до и после эвеевиков промежуточных сосудов; воды до и после переохладителя; воды до и после конденсаторов (для вертикальных и испарительных — только до); хладоносителя до и после испарителя; грунта под основанием низкотемпературных камер. Местное измерение давления в сосудах, аппаратах и трубопроводах производится манометрами и мановакуумметрами АМУ-1, АМВУ-1 (аммиак) и ОБМ (вода, рассол и др.). Дистанционное измерение параметров, контролируемых приборами и

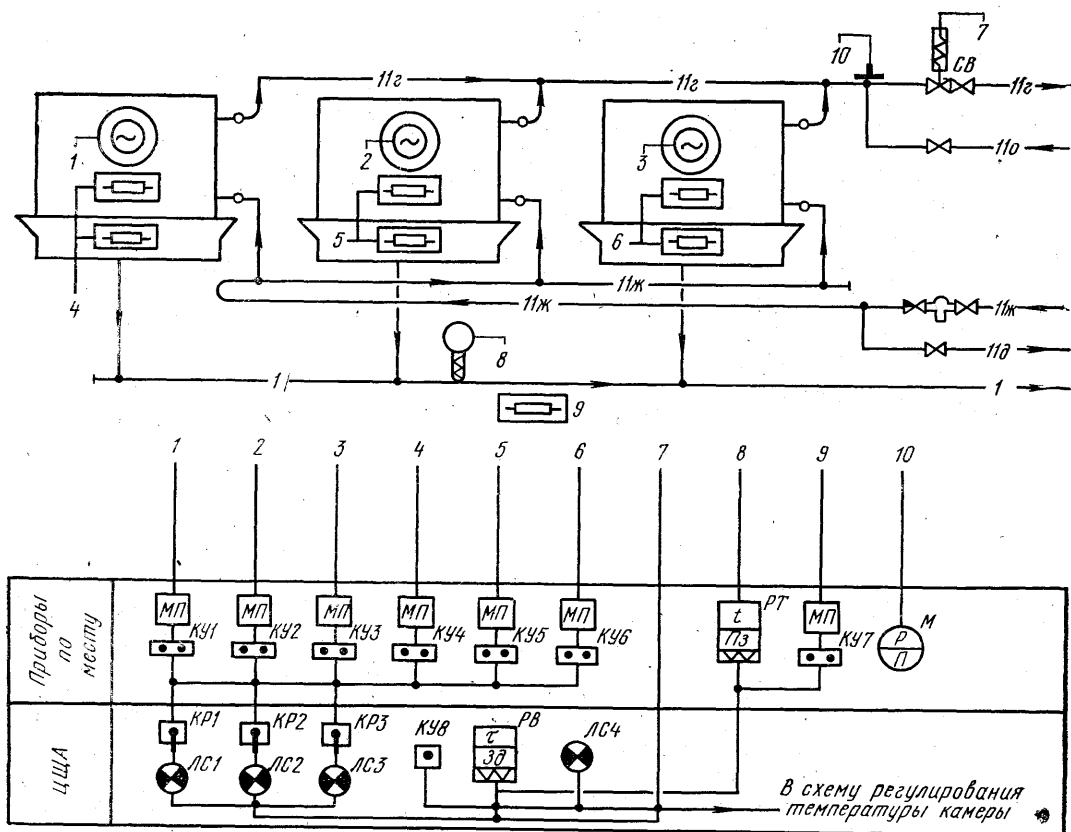


Рис. II—33. Принципиальная технологическая схема автоматизации процесса оттаивания воздухоохладителей с помощью электронагревателей:

1—3—управление электродвигателями вентиляторов воздухоохладителей; 4—6—управление электронагревателями поддонов и батарей воздухоохладителей; 7—управление соленоидным вентилем отсоса паров хладагента; 8—контроль температуры трубопровода слива талой воды; 9—управление электронагревателем трубопровода; 10—измерение давления.

средствами автоматической защиты, не рекомендуется.

Рекомендуется предусматривать дистанционное измерение относительной влажности воздуха в холодильных камерах. В целях экономии контрольных кабелей допускается использование одного датчика для регулирования и дистанционного измерения температуры или влажности.

При проектировании автоматизации холодильных установок следует предусматривать следующие виды автоматической сигнализации: технологическую, предупредительную, аварийную.

Технологическая сигнализация обеспечивает информацию о работе компрессоров, насосов,

вентиляторов воздухоохладителей, достижения заданной температуры в охлаждаемых помещениях, наличия напряжения в цепях схем автоматизации и др. Для подачи световых сигналов технологической сигнализации следует применять горящие ровным светом сигнальные лампы с линзами и световые табло со стеклами зеленого цвета. Предупредительная сигнализация обеспечивает информацию о достижении предельных значений контролируемых параметров. Аварийная сигнализация дает информацию о срабатывании любой противоаварийной защиты холодильной установки и отключении компрессоров и насосов. При проектировании системы аварийной сигнализации и автоматизации противоаварийной защиты сов-

мещаюся. Предупредительную и аварийную сигнализацию следует проектировать световой и звуковой. Звуковая сигнализация должна включаться одновременно с соответствующей световой сигнализацией.

Для подачи предупредительных световых сигналов целесообразно применять сигнальные лампы молочного цвета (мигающие). Для подачи аварийных световых сигналов следует использовать сигнальные лампы с линзами красного цвета (мигающие), мигание ламп или табло технологической сигнализации. Съем звукового сигнала должен быть ручным. Световая аварийная сигнализация остается включенной до ликвидации причин, вызвавших появление сигнала.

Выбор и компоновка приборов и средств автоматизации

Приборы, электрооборудование и средства автоматизации аммиачных холодильных установок следует выбирать с учетом требований, предъявляемых к оборудованию для помещений класса В-16 (ПУЭ). Предпочтительно применение приборов, снабженных шкалами настройки. Не допускается использование многоточечных, управляющих и регулирующих приборов в качестве защитных устройств.

Уставки приборов автоматической противоаварийной защиты должны соответствовать отклонениям значений рабочих параметров на 10—15% от предельных рабочих значений.

Датчики и приборы устанавливают на автоматизируемом оборудовании либо в непосредственной близости к нему. На всех линиях отбора давления к приборам автоматики (реле РКС, РД-4А и др.) следует устанавливать запорные вентили.

Приборы автоматики, исполнительные механизмы и др., размещают в местах, удобных для обслуживания. Участки трубопроводов, на которых расположены приборы и средства автоматизации, необходимо отделять запорными вентилями, позволяющими отключать их от холодильной системы для проведения осмотра, ремонта или замены.

Установку приборов автоматики на оборудовании и трубопроводах следует производить с применением специальных отборных устройств и закладных конструкций (термометровые гильзы, бобышки, штуцера и др.).

Приборы и средства автоматизации размещают на местных пультах и щитах и на центральном щите автоматики ЦЩА. В зависимости от мощности холодильной установки, размещения и типа оборудования и других факторов используют следующие системы компоновки щитов и пультов: центральная (отсутствуют местные щиты и пульты), местная (отсутствует центральный щит автоматики), смешанная

(имеются центральный и местные пульты и щиты).

Местные пульты управления и сигнализации для удобства эксплуатации рекомендуется располагать вблизи оборудования.

Центральные щиты устанавливают в специальных помещениях, примыкающих к компрессорному цеху, в которых имеется приточная вентиляция и выделяется место для дежурного оператора. Они должны отвечать требованиям ПУЭ (глава VII-3).

На центральных щитах рекомендуется размещать: устройства централизованного контроля и регулирования; мнемоническую схему холодильной установки с сигнальными лампами и табло технологической, предупредительной и аварийной сигнализации; ключи управления автоматическими работающими насосов, воздухоохладителей и др.; показывающие приборы системы дистанционного измерения; электроаппаратуру, элементы электрических схем управления и защиты насосов и сосудов, а также устройства автоматического регулирования и дистанционного измерения температуры в холодильных камерах.

Многоточечный регулятор температуры, например машину АМУР, устанавливают в помещении центрального щита автоматики. При центральной системе компоновки на центральный щит выносят также устройства управления компрессорами. Следует использовать щиты стандартной конструкции шкафного типа (ГОСТ 3244—68). Центральные щиты автоматики не рекомендуется размещать в силовых распределительных пунктах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Курылев Е. С., Герасимов Н. А. Холодильные установки. Л., «Машиностроение», 1970. 672 с.

Проектирование холодильников. М., «Пищевая промышленность», 1972. 310 с. Авт.: Ю. С. Крылов, П. И. Пирог, В. В. Васютювич, А. В. Карпов, А. И. Дементьев.

Расчет и проектирование систем трубопроводов. Под ред. А. Г. Камерштейна и В. В. Рождественского. М., Гостопиздат, 1961. 326 с.

Рекомендации по проектированию автоматизации аммиачных холодильных установок с различными системами охлаждения. М., ВНИИХ, 1974. 67 с.

Рекомендации по повышению безопасности эксплуатации холодильных установок предприятий мясной и молочной промышленности. М., ВНИИХ, 1972. 58 с.

Ужанский В. С., Каплан Л. Г., Вольская Л. С. Холодильная автоматика. М., «Пищевая промышленность», 1971. 463 с.

ГЛАВА III

ИЗОЛЯЦИЯ И ИЗОЛЯЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Требования к теплоизоляционным материалам

Теплоизоляционные материалы предназначены для создания ограждающих конструкций, обеспечивающих поддержание стабильных температурно-влажностных режимов в холодильных камерах. К теплоизоляционным материалам, применяемым для холодильных сооружений, предъявляют повышенные требования. Они должны иметь небольшую объемную массу и быть малотеплопроводными (объемная масса от 15 до 400 кг/м³), коэффициенты теплопроводности от 0,029 до 0,116 Вт/(м·К) (табл. III-1), мелкопористую структуру (пористость от 70 до 98%), обладать достаточной механической прочностью во избежание разрушения при транспортировке, производстве изоляционных работ и в процессе эксплуатации.

Материалы не должны сильно увлажняться в атмосфере и при соприкосновении с влагой. Для различных материалов водопоглощаемость колеблется в довольно широких пределах; гидрофобные материалы увлажняются за 10 суток при непосредственном соприкосновении с водой на 0,5—5% к объему.

Материалы должны быть морозостойкими, т. е. не разрушаться при многократном попередном их замораживании и оттаивании; трудноразрушаемыми или самозатухающими, стойкими против грибов и микроорганизмов; не иметь запаха, не изменять основных свойств, легко подвергаться обработке режущими инструментами.

Теплоизоляционные материалы подразделяют в зависимости от происхождения основного сырья на органические, неорганические и смешанные; по структуре — на пористо-волокнистые, ячеистые, пористо-зернистые; по объемной массе — на особо легкие (с объемной массой 15—100 кг/м³); легкие (125—350 кг/м³); тяжелые (400—600 кг/м³).

Натуральная пробка

Натуральную пробку изготавливают в виде гранул, импрегнированных изделий (плит, скорлуп и т. п.) и плит-экспанзита. Гранулированную пробку используют как засыпной изоляционный материал. Импрегнированные пробковые изделия представляют собой жесткий материал, изготовленный из пробковых гранул и вяжущих (клеевых) составов. Плиты пробка-экспанзит — более легкий и качественный материал, изготавливаемый из гранул без вяжущих составов путем прессования и нагрева без доступа воздуха.

Импрегнированные плиты пробки имеют объемную массу 200—300 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,064—0,070 Вт/(м·К). Объемная масса пробки-экспанзита 120—160 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,046—0,052 Вт/(м·К). Эти материалы имеют достаточную механическую прочность, морозостойкость и водостойкость. Их широко применяют для строительства холодильников.

Гидрофобные торфоплиты

Теплоизоляционные торфоплиты представляют собой жесткий пористый материал волокнистого строения, изготавливаемый из малоразложившегося торфа — сфагнума. Для придания торфоплитам водоустойчивости и уменьшения горючести в процессе их изготовления добавляют гидрофобизирующую эмульсию и антипирены.

Гидрофобные торфоплиты применяются для сооружения холодильников небольшой емкости.

Жесткие минераловатные плиты (минеральная пробка)

Минеральная пробка представляет собой пористый материал, состоящий из переплетенных и связанных между собой битумом минеральных волокон, на поверхности которых распределены микроскопические частицы гидрофобизирующих веществ. Эти плиты применяются в качестве тепловой изоляции всех строительных конструкций, промышленного оборудо-

Основные показатели теплоизоляционных материалов, применяемых в холодильной технике

Изоляционный материал	ГОСТ или технические условия	Объемная масса γ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, кПа (кгс/см ²)	Водостойкость материала	Огнеустойчивость материала
Жесткие минераловатные плиты на битумной связке (минпробка)	ГОСТ 10140—71	250—300	0,064—0,075	110—160 (1,1—1,6)	Гидрофобный	Трудногораемый
Плиты из ячеистого бетона	ГОСТ 5742—61	350—400	0,116—0,128	600—800 (6,0—8,0)	Негидрофобный	Негораемый
Пеностекло марки «А»	ГОСТ 13450—68	250—400	0,064—0,087	800—1000 (8,0—10,0)	Гидрофобный	»
Мипора	МРТУ 6-05-1112—68	15—18	0,058	—	Негидрофобный	Трудногораемый
Теплоизоляционные изделия из стеклянного волокна	ГОСТ 10499—67	35—70	0,058	—	Водостойкий	Негораемый
Плиты торфяные специальные (повышенной водостойкости)	ГОСТ 4861—65	180—220	0,070—0,075	300 (3,0)	Гидрофобный	Сгораемый
Пенопласт поливинилхлоридный ПВХ-1	МРТУ 6-05-1179—69	70—120	0,046—0,058	200 (2,0)	»	Самозатухающий
Пенопласт полистирольный ПСВ-С	ОСТ 6-05-202—73	20—25	0,035	110—180 (1,1—1,8)	»	»
Асбовермикулитовые плиты	ГОСТ 13450—68	250	0,081—0,087	180 (1,8)	»	Негораемый
Жесткий пенополиуретан	ВТУ № 67—66 ВНИИСС	50—60	0,035—0,041	200—250 (2,0—2,5)	»	Самозатухающий
Перлит-асбобитумные плиты	Проект ВТУ Теплопроект	200—250	0,081—0,087	160—200 (1,6—2,0)	Гидрофобный	Негораемый
Фенольно-резольный пенопласт ФРП-1 и ФРП-2	ВТУ № 38—64 ВНИИСС	40—60	0,058	50—150 (0,5—1,5)	Негидрофобный	»
Пенопласт поливинилхлоридный ПВ-1	ТУ-11-103—64	60—80	0,041—0,046	200—250 (2,0—2,5)	Гидрофобный	Самозатухающий

вания, трубопроводов холодильников и охлаждаемых сооружений.

Минеральная пробка является высококачественным долговечным теплоизоляционным материалом для холодильников. Она морозостойка, трудносгораема и стойка к увлажнению.

Ячеистые бетоны

Ячеистые бетоны (пенобетон, газобетон) представляющие собой легкие камневидные блоки с равномерно распределенными в них мелкими ячейками, заполненными воздухом или газом, применяют в строительстве холодильников с объемной массой 250—400 кг/м³, для устройства противопожарных поясов и перегородок. Для теплоизоляции наружных стен холодильников, особенно производственных, этот материал неэффективен.

Пеностекло

Пеностекло изготовляют в виде небольших (до 500×400×140 мм) блоков. Структура пеностекла ячеистая с замкнутыми порами (95%). Пеностекло характеризуется относительно высокой механической прочностью, водостойкостью, паронепроницаемостью, стойкостью против грызунов; пеностекло не горит. В строительстве холодильников пеностекло применяют в основном для устройства противопожарных поясов, а также для изолирования полов и кровли.

Асбовермикулитовые изделия

Асбовермикулитовые теплоизоляционные плиты представляют собой жесткий пористый материал волокнисто-зернистого строения. Плиты изготовляют из вспученного вермикулита, асбеста, глинобитумной пасты и других добавок.

Асбовермикулитовые плиты являются достаточно прочными, водостойкими и морозостойкими. При длительном воздействии открытого пламени асбовермикулитовые плиты не загораются и не претерпевают заметных изменений. Поэтому их применяют для устройства противопожарных поясов ограждающих конструкций холодильников.

По основным физико-техническим показателям (объемная масса, коэффициент теплопроводности и водостойкость) асбовермикулитовые плиты превосходят ячеистый бетон, используемый для противопожарных поясов ограждений холодильников.

Перлито-асбобитумные плиты

Плиты изготовляют из вспученного перлита, асбеста, глинобитумной пасты и некоторых добавок. Плиты имеют хорошие теплоизоляци-

онные свойства, водостойчивы, морозостойки, негоряемы.

Плиты предпочтительно применять для изолирования полов холодильников, лежащих на грунте, и перекрытий.

Мипора

Мипора (отвержденная пена на основе мочевино-формальдегидной смолы) представляет собой мелкопористый, ячеистой структуры материал. Мипора характеризуется способностью поглощать значительное количество влаги и обладает относительно небольшой механической прочностью. При погружении сухой мипоры в расплавленный горячий битум на ее поверхности образуется непрерывная тонкая нефтянистая оболочка, которая значительно снижает ее водопоглощение.

Мипора обладает малой объемной массой и повышенной теплостойкостью. Она не горит и может быть использована при температурах до 100°С. Мипора применяется для изоляции небольших холодильных камер, охлаждаемых автокузов, контейнеров и вагонов.

Поливинилхлоридные пенопласты

Поливинилхлоридный пенопласт ПВХ-1 представляет собой легкий, жесткий материал с равномерной замкнуто-пористой структурой. Он выдерживает 25-кратное замораживание без каких-либо изменений; негигроскопичен; имеет высокую механическую прочность ($R_{изг} = 250 \div 300$ кПа или 2,5—3,0 кгс/см²), вследствие чего может являться материалом изоляционно-конструктивным, самозатухающий. Из-за высокой стоимости его применяют при строительстве охлаждаемых сооружений специального назначения и охлаждаемых стендов НИИ.

Поливинилхлоридный пенопласт ПВХ-1 изготовляется в виде плит и представляет собой легкий, жесткий материал мелкопористой структуры; имеет высокую прочность, небольшую объемную массу и хорошие теплоизоляционные свойства, относится к трудносгораемым материалам, морозостоек и водостоек. По сравнению с пенопластом ПВХ-1 имеет меньшую прочность и более низкую стоимость и является одним из перспективных материалов для холодильной техники, его широко применяют для охлаждаемых сооружений специального назначения.

Пенополистирол ПСВ и ПСВ-С

Пенополистирол марок ПСВ и ПСВ-С представляет собой плотный материал мелкопористой структуры. Он обладает высокой водо-

стойкостью и низкой гигроскопичностью (в атмосфере со 100%-ной влажностью он практически не увлажняется). Предел прочности при изгибе у пенополистирола равен 150—200 кПа (1,5—2,0 кгс/см²), он выдерживает нагрузку до 30 кН (3000 кг) на 1 м², при которой практически не деформируется. Пенополистирол морозостоек и выдерживает без каких-либо изменений 25 циклов поочередного замораживания и оттаивания в воде. Пенополистирол при температуре 80°С и выше деформируется, выдерживает температуры до —190°С. Пенополистирол ПСВ-С является самозатухающим материалом, а ПСВ — сгораемым. Пенополистирол имеет малую паропроницаемость.

Хорошие теплоизоляционные качества, относительно низкая стоимость, технологичность в строительстве, малая объемная масса способствует широкому внедрению пенополистирола в холодильную технику. В настоящее время для изолирования ограждений холодильников и других охлаждаемых сооружений широко применяется пенополистирол ПСВ-С.

Пенополиуретан

Пенопласт на основе полиуретана представляет собой жесткий материал мелкопористой структуры. Пенополиуретаны получают в результате смешения и самовспенивания двух жидких композиций, заливаемых непосредственно в изолируемое пространство ограждения, ограниченного оболочкой любой конфигурации, или путем их напыления на изолируемую поверхность.

Он имеет хорошую прочность, водостойкость, морозостойкость и малую теплопроводность.

Фенольно-резольные пенопласты

Фенольно-резольные заливочные пенопласты ФРП-1 и ФРП-2 — пористые материалы розового цвета. Получают пенопласты вспениванием и отверждением фенолформальдегидной смолы резольного типа. В отличие от блочных фенолформальдегидных пенопластов (ФФ, ФК-20) ФРП получают на месте применения путем заливки композиции, состоящей из резольной смолы и вспенивающего агента, непосредственно в конструкции ограждений или формы любой конфигурации. Фенольно-резольные пенопласты малотеплопроводны, негораемы и относительно водостойки. В строительстве холодильников их рекомендуют применять для внутренних конструкций (перегородок, оборудования), а также для ограждений небольших холодильных камер.

ПАРО- И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Требования к паро- и гидроизоляционным материалам

Паро- и гидроизоляционные материалы, применяемые в наружных ограждениях холодильников, предназначены для защиты теплоизоляционного слоя от увлажнения водяными парами наружного воздуха, проникающими в конструкцию вследствие наличия разности их парциальных давлений снаружи и внутри охлаждаемого помещения. Паро- и гидроизоляционный слой должен предотвращать конденсацию водяных паров и накопление влаги в теплоизоляционном слое.

Пароизоляционное покрытие расположено между ограждающей конструкцией и теплоизоляцией; ремонт без разрушения дорогостоящей теплоизоляционной конструкции невозможен.

Конструктивные особенности и условия эксплуатации ограждений холодильника вызывают необходимость применения высококачественных и долговечных материалов для пароизоляции.

Основные требования к пароизоляционным покрытиям сводятся к следующему: высокое сопротивление диффузии водяных паров при сравнительно небольшой толщине покрытия (до 3—4 мм); незначительное изменение паропроницаемости в результате температурных воздействий (попеременного замораживания и оттаивания); воздухонепроницаемость покрытия; теплоустойчивость при температуре до 50°С на вертикальных ограждающих конструкциях (отсутствие сползания); хорошая адгезия к штукатурке и бетону при их повышенной влажности, сохранение адгезионных свойств после воздействия переменной (положительной и отрицательной) температуры.

Для паро- и гидроизоляции конструкций холодильников преимущественно используют нефтяные битумы, а также рулонные материалы на основе битума. Битумы обладают высокими гидроизоляционными и технологическими свойствами. Они имеют низкую стоимость, широко распространенную и неограниченную сырьевую базу. Битумы являются основными компонентами большинства мастичных и рулонных паро- и гидроизоляционных материалов. Наряду с битумосодержащими материалами получают применение полимерные материалы (пленочные, листовые и мастичные).

Битумосодержащие паро- и гидроизоляционные композиции

Битумы. Их получают при переработке нефти или природных битумосодержащих пород.

Важнейшими физическими свойствами битумов являются: температуры размягчения, дуктильность (тягучесть) и пенетрация (вязкость).

Горячие битумные мастики. Представляют собой пластичные вязкие вещества, изготовленные из битума, наполнителя и добавок. Перед применением мастику разогревают до 160—180°С (в зимнее время до 200°С). Коэффициент паропроницаемости горячих битумных мастик колеблется от $15 \cdot 10^{-4}$ до $45 \cdot 10^{-4}$ кг/(м \times ч \cdot МПа) [от $2 \cdot 10^{-4}$ до $6 \cdot 10^{-4}$ г/(м \cdot ч \cdot мм рт. ст.)].

Холодные битумные мастики. Они содержат битум, разбавитель (зеленое и соляровое масло, кукурузное и другие масла, уайт-спирит, лигроин и др.) и наполнитель. Их применяют без предварительного разогревания. Наиболее часто употребляют мастику БСХМ-1, содержащую 50% битума БН-Ш.

Битумные эмульсии. Представляют собой молекулярно-дисперсную систему, в которой дисперсионной средой служит вода, а дисперсной фазой — частицы вязкого битума размером 5 мкм. Эмульгаторами в эмульсиях служат поверхностно-активные вещества.

В состав эмульгатора входят асидол, мыло-нафт, едкий натр и жидкое стекло. Эмульсию изготовляют на месте использования в диспергаторах. Эмульсионная мастика ЭГИК — смесь битумной 50%-ной эмульсии с латексом (дисперсией) синтетического каучука. Наиболее подходящими латексами являются СК-65ГП и Л-7. Мастику ЭГИК приготавливают путем механического перемешивания латекса и битумной эмульсии. Эмульсионная мастика является быстрорастворимой, что делает ее пригодной для создания многослойных покрытий на вертикальных поверхностях. Мастику наносят одновременно с распылением раствора коагулянта, под действием которого происходит мгновенное расслоение эмульсии. При этом вода отделяется, а битумно-каучуковая смесь самоуплотняется и формируется в покрытие.

Коэффициент паропроницаемости покрытий на основе эмульсионной мастики $22,5—38,5 \cdot 10^{-5}$ кг/(м \cdot ч \cdot МПа) [$3—5 \cdot 10^{-5}$ г/(м \times ч \cdot мм рт. ст.)].

Безосновные рулонные материалы

Бризол. Гидроизоляционный материал, изготовленный из битумно-резиновой массы, в состав которой входят нефтебитум IV и V марок, измельченная резиновая крошка, наполнитель и пластификатор. Выпускают его в рулонах шириной 750—1000 мм. Обладает высокими гнилостойкостью, водостойкостью, морозостойкостью и эластичностью.

Изол. Имеет состав, сходный с бризолом — дополнительно вводят антисептик. Обладает значительно лучшими физико-техническими показателями по сравнению с другими рулонными материалами. Изол долговечнее рубероида примерно в 2 раза. В настоящее время его выпускают с основой из алюминиевой фольги и стеклорогожи. Расчетный коэффициент паропроницаемости для изола и бризола равен $11,3 \cdot 10^{-5}$ кг/(м \cdot ч \cdot МПа) [$1,5 \cdot 10^{-5}$ г/(м \cdot ч \cdot мм рт. ст.)].

Основные рулонные материалы

Пергамин. Изготавливается в рулонах шириной 750—1050 мм путем пропитки кровельного картона мягкими нефтяными битумами. Известны марки пергамина П-300 и П-350. Не огнестоек, подвержен гниванию. Характеризуется высоким водопоглощением. Применяют как подкладочный материал в многослойных рубероидных кровлях.

Руберойд подкладочный РП-250. Изготавливается в рулонах шириной 1000 мм на основе кровельного картона путем пропитки нефтебитумом и последующим нанесением тонкой пленки тугоплавкого битума. Водопоглощение меньше, чем у пергамина.

Руберойд кровельный РЧ-350. Отличается от рубероида РП-250 большим количеством покровной тугоплавкой битумной массы и наличием слюдяной посыпки с верхней стороны. Расчетный коэффициент паропроницаемости рубероида РП-250 и РЧ-350 принимают в пределах $30 \cdot 10^{-5}—37,5 \cdot 10^{-5}$ кг/(м \cdot ч \cdot МПа) [$4 \cdot 10^{-5}—5 \cdot 10^{-5}$ г/(м \cdot ч \cdot мм рт. ст.)].

Гидроизол. Изготавливают в рулонах шириной полотна 950 мм на основе асбестового или асбоцеллюлозного картона и других материалов путем пропитки нефтебитумом II и III марок.

Известны марки гидроизола ГИ-1 и ГИ-2.

Стеклоруберойд. Кровельный и гидроизоляционный материал с биостойкой основой; получают путем нанесения антисептированной битумной массы на биостойкий стекловолоконный холст ВВ-К. Толщина рубероида 2 мм, прочность на сжатие 2 кгс/м 2 , расчетный коэффициент паропроницаемости $22,5 \cdot 10^{-5}$ кг/(м \times ч \cdot МПа) [$3 \cdot 10^{-5}$ г/(м \cdot ч \cdot мм рт. ст.)].

Стеклоизол. Кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый путем двустороннего нанесения на поверхность холста ВВ-К или другого типа стеклоосновы резино-битумной массы.

Толщина стеклоизола 2 мм, прочность на сжатие 2 кгс/м 2 .

Рулонные полимерные пленочные и фольговые гидроизоляционные материалы

Поливинилхлоридная пленка. Выпускают в рулонах шириной полотна от 700 до 1500 мм. Применяют в широком диапазоне температур (+100—-20° С). В настоящее время наиболее распространена пленка В-118.

Полиэтиленовая пленка. Изготавливают на основе полиэтилена высокого и реже низкого давления в рулонах шириной 800—1400 мм и толщиной от 0,06 до 0,2 мм. Полиэтиленовую пленку толщиной 0,1—0,2 мм можно применять для гидро- и паронизолации.

Полипропиленовая пленка. По паро- и гидроизоляционным свойствам несколько превосходит полиэтиленовую пленку, но недостаточно морозостойка и подвержена окислению.

Полиамидная пленка. Выпускается марки ПК-4 в рулонах шириной 1000—1200 мм. Пленка обладает значительной прочностью, но подвержена быстрому окислению.

Алюминиевая фольга. Применяют для паро-, гидро- и теплоизоляции. Выпускают кашированную (с различными сортами бумаги) и дублированную (с полиэтиленовой пленкой) в рулонах шириной до 500 мм имеет толщину от 0,005 до 0,2 мм. Материал паро- и влагонепроницаем.

Фольгоизол. Рулонный двухслойный материал, состоящий из тонкой рифленой или гладкой фольги, покрытой с нижней стороны защитным и приклеивающим битумно-резиновым составом. В зависимости от требований толщина слоя фольги колеблется в пределах от 0,1 до 0,3 мм, мастичного слоя от 0,8 до 4 мм.

Фольгоизол можно использовать и как кровельный материал, а также как совмещенный паронизолационный и отделочный слой для теплоизоляции трубопроводов. Его целесообразно применять для газоизоляции ограждений фруктохранилищ. На поверхность ограждения приклеивают фольгоизол горячей битумной или изоловой мастикой. Стыки листов могут быть отбортованы и спаяны электроконтактным способом. Внешнюю поверхность фольгоизола окрашивают в различные цвета атмосферостойкими лаками или красками. Фольгоизол водо- и паронепроницаем. Сопротивление паронепроницанию однослойного покрытия из фольгоизола на горячей битумной мастике с учетом стыков принимают равным 13,3—16 м²·ч·МПа/кг [100—120 м²·ч·мм рт. ст./г.].

Металлоизол. Изготавливают из отожженной алюминиевой фольги с односторонним или двусторонним покровным слоем из тугоплавкого битума марок IV, V с распушенным асбесто-

вым волокном или изоловой массой. Выпускают марки МА-550 и МА-270 с шириной ленты 460 мм. Обладает большой прочностью, гибкостью, водонепроницаемостью.

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕПЛО- И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

При выборе тепло- и гидроизоляционных материалов и расчете изоляционных конструкций необходимо учитывать особые свойства этих материалов, описанных ниже.

В общетехнических справочниках отсутствуют ряд определений и терминов, специфических для изоляционных материалов и конструкций охлаждаемых сооружений, поэтому ниже приводятся сведения об основных физико-технических показателях тепло- и гидроизоляционных материалов и методах их определения.

Плотность, объемная масса и пористость

Плотность ρ (в кг/м³) определяют отношением массы высушенного материала к его объему в плотном состоянии (без пор). Объемной массой сухого материала γ (в кг/м³) называется отношение массы высушенного материала к его объему вместе с порами. Объемная масса зависит от пористости материала. Объемная масса материалов, не имеющих пор, равна их плотности.

По известной объемной массе и коэффициенту теплопроводности данного материала можно найти приближенное значение коэффициента теплопроводности такого же материала с другой объемной массой. Отношение общего объема пор к общему объему материала, выраженное в процентах, называется пористостью материала. По плотности ρ и объемной массе γ материала можно определить пористость P (в %):

$$P = \frac{\rho - \gamma}{\rho} 100. \quad (\text{III-1})$$

Пористость теплоизоляционных материалов, применяемых в холодильной технике, находится в пределах от 70 до 98%. Материалы, имеющие одинаковую объемную массу, но различающиеся по структуре, величине и форме пор имеют различные теплопроводность, прочность, водостойкость и другие свойства.

Температуропроводность, теплоемкость, теплоусвоение, теплопроводность

Коэффициент температуропроводности a (в $\text{м}^2/\text{ч}$) изоляционных материалов характеризует скорость распространения в них температуры при наличии температурного градиента. Этот показатель имеет большое значение, когда ограждение работает при тепловом потоке, изменяющемся во времени.

Коэффициенты температуропроводности некоторых материалов приведены в табл. III-2.

Теплоусвоение — это способность материала воспринимать тепло при колебании температуры на его поверхности. Его характеризуют коэффициентом теплоусвоения S [в $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$], равным амплитуде колебания теплового потока, соответствующей амплитуде колебания температуры в один градус, и определяют по формуле

$$S = 0,0418 \sqrt{\frac{\lambda_{\text{сух}} \gamma}{z}} \quad (\text{III-2})$$

При периоде колебаний теплового потока $z = 24$ ч, что соответствует суточному изменению температуры наружного воздуха, коэффициент теплоусвоения определяют

$$S_{24} = 0,0085 \sqrt{\lambda_{\text{сух}} \gamma} \quad (\text{III-3})$$

Характеристикой теплопроводности материала является его коэффициент теплопроводности. Применяемые в холодильной технике материалы имеют коэффициенты теплопроводности от 0,03 до 0,3 $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Теплоизоляционные материалы с меньшей объемной массой, как правило, имеют меньший коэффициент теплопроводности, что свойственно только однородным по структуре материалам.

Методы испытания теплоизоляционных материалов приведены в ГОСТ 7076—66.

Тепловое излучение заключается в отдаче материалом тепла в окружающую среду в форме лучистой энергии. Способность материала излучать тепло характеризуется его коэффициентом излучения C , значения которого для некоторых материалов приведены в табл. III-3.

Т а б л и ц а III—2

*Коэффициенты температуропроводности изоляционных и строительных материалов
при различной объемной влажности и положительной температуре*

Материал	Объемная масса γ , $\text{кг}/\text{м}^3$	$a \cdot 10^2$ (в $\text{м}^2/\text{ч}$) при объемной влажности, %		
		0	10	20
Туф арктикский	1280	0,135	0,130	0,120
Асбест мятый	415	0,091	0,070	0,063
Бетон (1 : 2 : 4)	2170	0,281	0,224	—
Пенобетон	430	0,107	0,086	0,073
Кирпич красный	1760	0,177	0,187	—
Вата				
минеральная	205	0,110	0,044	0,034
стеклянная	150	0,127	0,046	0,035
Торфоплита	190	0,103	0,048	0,038
Пробка				
натуральная	196	0,088	0,041	0,033
минеральная	278	0,086	0,041	0,033
Дерево (сосна)				
вдоль волокон	505	0,216	0,154	0,126
поперек волокон	505	0,085	0,066	0,055
Пеностекло	300	0,167	—	—
Пробка минеральная	300	0,111	—	—
Плиты древесно-волокнистые	200	0,042	—	—
Лигнолитиз	200	0,042	—	—
Мипора	20	0,485	—	—

Коэффициенты излучения изоляционных и строительных материалов

Материал	Состояние поверхности	$C, \text{Вт}/\left[\text{м}^2 \left(\frac{K}{100}\right)^4\right]$
Картон асбестовый	Шероховатая	5,51
Бетон	»	3,60
Бумага строительная	Матовая	5,40
Гипс	Шероховатая.	5,20
Дерево (ель)	Строганая	4,43
Пол деревянный, покрытый мастикой	Гладкая	5,10
Кирпич красный	Шероховатая	5,35
Краска масляная	—	4,64
Алюминий	Неполированная	0,26
Фольга алюминиевая	Гладкая	1,11
Сталь листовая	Черная матовая	3,94
То же	Оцинкованная	1,31
Цинк листовой	Матовая	1,125
Чугун серый	Шероховатая, окисл.	5,09
Опилки древесные	—	4,09
Песок	—	4,20
Резина мягкая, серая	Шероховатая	4,96
Сажа голландская на жидком стекле	Матовая	5,52
Снег (иней)	—	5,67
Стекло оконное	Гладкая	5,38
Толь кровельный	Шероховатая	5,24
Раствор цементный (чистый)	Гладкая	3,88
Шлакобетон	Шероховатая	5,07
Штукатурка известковая	»	5,22
Краска эмалевая	»	5,16

Паро- и воздухопроницаемость

Паропроницаемость характеризует свойство материала пропускать водяной пар. Коэффициент паропроницаемости выражает количество водяного пара (в г), диффундирующего через 1 м² плоской стенки из данного материала толщиной 1 м в течение часа при разности упругостей водяного пара по обе стороны стенки 133 Па (1 мм рт. ст.). Коэффициент паропроницаемости меняется с изменением упругости водяного пара, влажности и температуры материала.

Коэффициенты паропроницаемости и сопротивления паропроницанию различных материалов при $t=18-20^\circ\text{C}$ приведены в табл. III-4 и III-5.

Воздухопроницаемость — способность материалов пропускать воздух вследствие наличия в нем сообщающихся пор — характеризуется коэффициентом воздухопроницаемости, выражающим количество воздуха (в кг), проникающее через 1 м² слоя материала толщиной в 1 м в течение часа при разности давлений воздуха

по обе стороны материала 9,8 Па (1 мм вод. ст.) при ламинарном движении воздуха. Коэффициенты воздухопроницаемости некоторых материалов приведены в табл. III-6.

Ограждающие конструкции охлаждаемых сооружений, выполняемых, как правило, со слоем паронизолации внутри конструкций, характеризуются весьма низкой воздухопроницаемостью. В связи с этим фильтрацией воздуха в ограждениях при расчетах пренебрегают.

Влажность

При определении влажности материала принимается в расчет только свободная, химически не связанная влага. Влажность материала выражает в процентах долю содержащейся в нем влаги по массе (массовая влажность) или по объему (объемная влажность). Допустимая влажность, указанная в стандарте на данный изоляционный материал, должна быть близка к сорбционной влажности (т. е. влажности, соответствующей температуре и относительной влажности окружающего воздуха) этого ма-

Коэффициенты паропроницаемости теплоизоляционных
и строительных материалов

Материалы	Объемная масса γ , кг/м ³	Коэффициент паропроницаемости μ	
		кг/(м·ч·МПа)	г/(м·ч·мм рт. ст.)
Кладка кирпичная из обыкновенного глиняного обожженного кирпича на тяжелом растворе	1800	0,105	0,014
Железобетон и бетон на гравии или щебне	2500	0,030	0,004
Штукатурка цементно-песчаная	1800	0,075	0,01
цементно-известково-песчаная	1700	0,105	0,013
Перлитобетон	600—800	0,3—0,26	0,04—0,035
Керамзитобетон	400	0,338	0,045
»	600—800	0,26—0,19	0,035—0,025
Пенобетон, газобетон	600	0,173	0,023
То же	500	0,195	0,026
»	400	0,226	0,030
»	300	0,262	0,035
Пеностекло	300—400	0,023	0,003
Плиты жесткие минераловатные на битумной связке	300—400	0,415—0,338	0,055—0,045
Плиты торфяные изоляционные из пенополистирола	170—250	0,188	0,025
ПС-1	70—200	0,045	0,006
ПС-4	45—80	0,053	0,007
ПСВ-С	20—30	0,023	0,003
из пенополивинилхлорида ПВХ-1	90—130	0,060	0,008
пробковые	250	0,038	0,005
из фенольно-резольного пенопласта ФРП-1	50	0,053—0,075	0,007—0,010
Экспанзит пробковый	150	0,045	0,006
Пенополиуретан жесткий	50—60	0,015—0,026	0,002—0,0035
Мипора	15	0,385—0,435	0,050—0,058

териала при средних значениях параметров наружного воздуха в пункте расположения предприятия в теплый период года.

Массовую влажность W_v (в %) вычисляют по формуле

$$W_v = \frac{G_1 - G_2}{G_2} 100, \quad (\text{III-4})$$

где G_1 — масса образца или пробы до сушки, г;
 G_2 — то же, после сушки, г.

При условии, что уменьшение массы образца (в г) при сушке численно равно объему сохранившейся в нем влаги, объемную влаж-

ность W_0 (в %) вычисляют по формуле

$$W_0 = \frac{G_1 - G_2}{V} 100, \quad (\text{III-5})$$

где G_1 и G_2 — масса образца соответственно до и после сушки, г;
 V — объем материала в естественном состоянии, см³.

По объемной массе материала γ_0 (в кг/м³) и его массовой влажности W_v (в %) определяют объемную влажность W_0 (в %)

$$W_0 = \frac{W_v \gamma_0}{1000}. \quad (\text{III-6})$$

Таблица III—5

*Сопротивление паропрооницанию паро- и гидроизоляционных слоев и материалов
для ограждений холодильников*

Материал или состав пароизоляционного слоя	Толщина слоя, мм	Сопротивление паропрооницанию R_n	
		(м ² ·ч·МПа)/кг	мм рт. ст. × × (м ² ·ч/г)
Руберойд	1,5	1,13	8,5
Горячий битум, покрытие за 1 раз	—	0,27	2,0
То же, за 2 раза	—	0,54	4,0
Битум литой (сплошной слой), без пузырей и раковин	2,0	2,0	15,0
Гидроизол на битуме	—	1,33	10,0
Руберойд (два слоя) на битуме	—	2,66	20,0
Фольгоизол на горячей битумной мастике	2,0	13,3	100,0
Эмульсионная мастика	—	2,66	20,0
ЭГИК (сплошной слой)	—	—	—
Стеклоруберойд (один слой) на горячей битумной мастике	2,0	1,33	10,0
Изол (один слой) на горячей битумной мастике	2,0	2,66	20,0
Бризол (один слой) на горячей битумной мастике	2,0	2,66	20,0

Таблица III—6

*Коэффициенты воздухопроницаемости
изоляционных и строительных материалов*

Материал	Объемная масса γ , кг/м ³	Коэффициент воздухопроницаемости μ	
		кг/(м·ч·Па)	кг/(м·ч·мм вод. ст.)
Бетон (1 : 2,5 : 3,5)	2150	$0,43 \cdot 10^{-3}$	$0,043 \cdot 10^{-3}$
Древесина поперек волокон	500	$2,75 \cdot 10^3$	$0,275 \cdot 10^3$
Мипора	15	$1560 \cdot 10^3$	$156,0 \cdot 10^3$
Кирпич	—	—	—
красный	1900	$4,9 \cdot 10^3$	$0,49 \cdot 10^3$
силикатный	2100	$4,7 \cdot 10^3$	$0,47 \cdot 10^3$
Пенобетон	650	$5,16 \cdot 10^3$	$0,516 \cdot 10^3$
Руберойд	855	0	0
Торфоплиты	165	$545 \cdot 10^3$	$54,50 \cdot 10^3$
Шлак котельный	—	$63800 \cdot 10^3$	$6380,00 \cdot 10^3$
Минеральная вата	—	от 4340 до $100 \cdot 10^3$	от 434,00 до $10 \cdot 10^3$
Минеральная пробка	275	$23400 \cdot 10^3$	$2340,00 \cdot 10^3$
Минераловатные плиты на битумной связке	580	$0,15 \cdot 10^3$	$0,015 \cdot 10^3$
Цементный раствор 1 : 3	—	$0,0322—0,623 \cdot 10^{-3}$	$0,00322—0,0623 \cdot 10^3$

*Влажность теплоизоляционных материалов
в ограждениях действующих холодильников*

Теплоизоляционный материал	Влажность теплоизоляционного материала (в % по объему) при продолжительности эксплуатации холодильника, годы			
	до 5	от 6 до 10	от 11 до 20	более 20
Торфоплиты *	5—10	8—17	15—30	30—35
Пенобетон *	12—23	20—30	30—40	до 50
Плиты жесткие минераловатные на битум- ной связке (минеральная пробка)	0,5—2,0	1—3	2—5	—
Пробка натуральная	3—7	5—12	10—20	до 35
Пеностекло	2—6	5—12	до 20	—
Пенополистирол ПСВ-С	0,05—1,5	0,05—1,5	—	—

* В ряде случаев торфоплиты и пенобетон имеют влажность более высокую.

Характер увлажнения различных изоляционных материалов в ограждающих конструкциях действующих холодильников (по данным ВНИХИ) представлен в табл. III-7.

Водопоглощение, гигроскопичность и влагопроводность

Водопоглощение — способность материала поглощать капельно-жидкую влагу и удерживать ее в порах — определяют из отношения количества поглощаемой влаги к массе материала (массовое влагопоглощение) или к объему (объемное) за данное время и выражают в процентах.

Это свойство материала проявляется при конденсации водяного пара в конструкции, а также затекании воды в теплоизоляционный слой вследствие неисправности гидроизоляции покрытия холодильника. Избыточное количество влаги стекает. Материал с большим водопоглощением, удерживающий больше воды, вызывает ухудшение теплозащитных свойств конструкции, включающей этот материал. Степень ухудшения особенно значительна, когда слой теплоизоляционного материала находится в зоне отрицательных температур. Так, коэффициент теплопроводности воды равен 0,58 Вт/(м·К), т. е. в 25 раз больше, чем неподвижного воздуха, а коэффициент теплопроводности льда равен почти 2,32 Вт/(м·К), т. е. примерно в 100 раз больше, чем у неподвижного воздуха.

Для определения водопоглощения высушенные образцы (не менее двух, трех) охлаждают до комнатной температуры и взвешивают.

Опускают их в воду на $\frac{1}{3}$ высоты* (для вытеснения воздуха), после определенного времени погружают на $\frac{2}{3}$ их высоты и затем на 2—3 см ниже уровня воды.

Время, в течение которого следует выдерживать образцы при различной степени погружения, определяют по ГОСТу.

Массовое водопоглощение $B_{\text{мас}}$ (в %) вычисляют по формуле

$$B_{\text{мас}} = \frac{G_2 - G_1}{G_1} 100, \quad (\text{III-7})$$

где G_1 — масса материала в сухом состоянии, г;

G_2 — то же, в состоянии, насыщенном водой, г.

Объемное водопоглощение $B_{\text{об}}$ (в %) рассчитывают по формуле

$$B_{\text{об}} = \frac{G_2 - G_1}{V} 100, \quad (\text{III-8})$$

где V — объем материала в естественном (пористом) состоянии, см³.

Соотношение между объемным и массовым влагопоглощением то же, что и между объемной и массовой влажностью (табл. III-8).

Гигроскопичность — способность материала поглощать влагу в парообразном состоянии из окружающего воздуха. Процесс поглощения материалом водяного пара — сорбция — протекает и при отсутствии разности температур воздуха и материала и охватывает как поглощение пара поверхностью материала (адсорбцию), так и прямое растворение его в объеме твердой части материала (абсорбцию).

Водопоглощение некоторых теплоизоляционных материалов

Материал	Водопоглощение (в %) за количество суток						Предельное водопоглощение, %	
	5		10		15		по массе	по объему
	по массе	по объему	по массе	по объему	по массе	по объему		
Торфоплиты	—	—	—	—	—	—	570	97,0
Пробка минеральная	16,0	5,0	—	—	—	—	210	63,0
Пенобетон	—	—	—	—	—	—	600	—
Плиты из отходов натуральной пробки	—	—	—	—	—	—	230	46,0
Пенопласт								
ПВХ-1	1,8	0,018	2,2	0,022	2,8	0,028	4,0	0,040
ПС-4	19	0,8	27,8	1,11	28,0	1,12	28,0	1,12
ПСВ	50,0	1,0	87,0	1,8	100,0	2,0	500	10,0
Мипора	5000	60	5520	66,2	5550	66,6	5875	70,5
Пеностекло	—	—	—	—	—	—	20	6,0
Пенополиуретан жесткий	50	2,5	—	—	70,0	3,5	—	—

Для одного и того же материала сорбционная влажность повышается с увеличением относительной влажности окружающего воздуха и с понижением температуры этого воздуха.

Эта зависимость выражается графически в виде изотерм сорбции.

Для сравнительной оценки гигроскопичности материалов часто определяют только предельную величину сорбционного увлажнения при температуре 18—20°С (табл. III-9). Для этого наливают в эксикатор дистиллированную воду и помещают в его верхней части, подготовленные для опыта образцы (высушенные и взвешенные). В этих условиях образцы выдерживаются до получения постоянной массы.

Привес образцов, отнесенный к их массе в сухом состоянии (или к первоначальному объему), является характеристикой гигроскопичности данного материала. Для ускоренных испытаний часто определяют гигроскопичность в насыщенном воздухе за 5—10 суток.

Влагопроводность проявляется при конденсации влаги в плоскости, проходящей внутри теплоизоляционного слоя или на его поверхности, либо при затекании в него воды, вызывая перемещение жидкой влаги от слоя с большей влажности к слоям с малой влажностью.

Увлажнение материалов за счет капиллярной диффузии, т. е. капиллярного перемещения влаги по порам (табл. III-9), зависит от структуры и гидрофобности материалов.

Морозостойкость и механическая прочность

Морозостойкость хрупкого ячеистого материала оценивают по коэффициенту морозостойкости, представляющему собой отношение пределов прочности при сжатии до и после испытания на морозостойкость. Наиболее высокий коэффициент морозостойкости у волокнистых материалов (торфоплиты, минеральная пробка и др.), а также у пенопластов, упругие свойства которых позволяют им деформироваться в определенных пределах без разрушения.

Механическая прочность плитных материалов характеризуется главным образом пределом прочности при изгибе (см. табл. III-1).

Материалы, предназначенные для горизонтальных конструкций (полы, перекрытия) и не имеющие выраженного предела прочности при сжатии, должны иметь степень сжимаемости под удельной нагрузкой 20 кПа (0,2 кгс/см²) не более 5%. Предел прочности на изгиб теплоизоляционного материала, используемого

Увлажнение теплоизоляционных материалов за счет сорбции и капиллярной диффузии при температуре 18—20° С

Материал	Объемная масса, кг/м³	Объемная влажность, %	
		при сорбции (максимальная)	при капиллярной диффузии (за 30 суток)
Пробка натуральная	200	2,75	—
Плиты			
торфяные изоляционные	180	3,0	10,0
торфяные теплоизоляционные специальные	180—220	3,0	3,30
из ячеистого бетона	350	3,3	47,0
жесткие минераловатные на битумной связке	250—300	0,50	1,10
перлит-асбобитумные	200—250	1,0	2,0
асбовермикулитовые	250	1,0	2,5
пенополистирольные			
ПСВ-С	20—25	0,05	0,13
ПСВ	20—25	0,05	0,13
Пенополиуретан жесткий	45—60	0,41	1,70
Мипора	13—18	0,3	12,0
Пенопласт			
поливинилхлоридный ПВХ-1	70—130	0,67	1,0
фенольно-резольный ФРП-1	40—60	0,84	1,71
Пенополивинилхлорид ПВ-1	50—60	0,45	1,06
Изделия теплоизоляционные из стеклянного волокна	35—70	0,45	43,0
Шлак			
гранулированный	300	1,37	—
доменный	500	1,90	—
Древесина	500	15,20	—

для ограждений стационарных холодильников, должен быть не менее 100 кПа (1 кгс/см²).

Для изолирования ограждений небольших сооружений (например, холодильных камер, шкафов, авторефрижераторов и др.), имеющих прочные металлические, деревянные или пластмассовые оболочки (обшивки), можно использовать материалы малой прочности, например мипору, стекловолок и др. При использовании таких материалов в стенах предусматривают специальное крепление.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ОГРАЖДЕНИЙ

Основные положения проектирования изоляционных конструкций

В основу проектирования изоляционных конструкций холодильников положены следующие принципы:

1. Слои конструкции с наибольшей прочностью и устойчивостью против влияния атмос-

ферных явлений, обладающие большим сопротивлением паропрооницанию (включая и пароизоляционный слой), располагают с наружной стороны или со стороны более теплого помещения. С внутренней стороны или обращенной в более холодную камеру используют слои с малой теплопроводностью и большой паропрооницаемостью; их располагают в таком порядке, чтобы сопротивление паропрооницанию отдельных слоев возрастало от более холодной стороны к более теплой, что способствует выходу влаги из изоляции в камеру.

2. Пароизоляционный слой выполняют непрерывным и достаточно мощным, чтобы исключить конденсацию водяного пара в любом последующем слое конструкции. Этот слой не должен пропускать влагу в жидкой фазе.

3. Битумные или другие пароизоляционные прослойки внутри теплоизоляции исключают. Для этого на горизонтальные изолируемые поверхности укладывают тепловую изоляцию на сухо; приклеивают только слой, прилегающий к пароизоляционному слою, тщательно забивая и шпаклюя швы между плитами или блоками. При изоляции вертикальных поверхностей предусматривают точечную или полосовую склейку плит.

4. Внутренний отделочный слой должен быть прочным и обладать достаточной паропрооницаемостью, чтобы около него не происходило накопления влаги в изоляции. Его следует выполнять из перфорированных асбестоцементных или других плит или из высокопористых материалов с малым сопротивлением паропрооницанию. Возможен и другой вариант: обшивку из сплошных плит или листов переносят на 3—4 см от поверхности изоляции для образования воздушной прослойки, сообщаемой с внутренним воздухом холодной камеры внизу иверху помещения.

5. Тепловая изоляция холодильника должна образовывать непрерывный изоляционный чехол, поэтому ограждающие конструкции холодильника проектируют из двух самостоятельных частей: внутреннего — железобетонного каркаса, состоящего из колонн и перекрытий, и внешнего — защитного чехла.

Каркас воспринимает вес загружаемых продуктов, механизмов, людей, а также собственный вес. На внешний чехол, защищающий изоляционный слой, действует сила его веса. Для придания устойчивости защитный чехол соединяют с внутренней железобетонной этажеркой металлическими анкерами (тягами), заделанными в бетон.

При наличии жесткого изоляционного материала (пеностекло, керамзитобетон, пензобетон, туф), обладающего достаточным сопротивлением сжатию — не менее 700 кПа (7 кгс/см²), специальный чехол может отсутствовать.

В этом случае наружные стены могут быть выложены из этих материалов в виде блоков большей или меньшей величины, оштукатуренных заранее или оштукатуренных после укладки в стены с пароизоляцией, соответствующей расчету.

Расчеты изоляционных конструкций и ограждений

Теплопередача через ограждения. Теплопередача через конструкцию при установившемся тепловом режиме выражается формулой

$$Q = kF(t_n - t_b), \quad (\text{III-9})$$

где Q — общее количество тепла, проходящего через ограждения, Вт;

k — коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²·К);

F — площадь ограждения, м²;

t_n, t_b — температура воздуха с наружной и внутренней стороны конструкции, °С.

Сопротивление теплопередаче R_0 (величина, обратная коэффициенту теплопередачи k) определяют по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_b}, \quad (\text{III-10})$$

где R_0 — сопротивление теплопередаче, (м²·К)/Вт;

α_n — коэффициент теплоперевода у наружной или более теплой поверхности ограждения Вт/(м²·К);

α_b — то же, у внутренней или более холодной поверхности, Вт/(м²·К);

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ — толщины отдельных слоев конструкции, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ — коэффициенты теплопроводности материалов соответствующих слоев, Вт/(м·К).

Таким образом,

$$k = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_b}}. \quad (\text{III-11})$$

Коэффициенты теплоотдачи α_n и α_b и соответствующие им тепловые сопротивления R_n и R_b приведены в табл. III-10, а расчетные коэффициенты теплопроводности материалов λ — в табл. III-11.

Коэффициенты теплоотдачи α_n и α_b и соответствующие им тепловые сопротивления R_n и R_b

Расположение и род поверхности	α_n, α_b		$R_n = \frac{1}{\alpha_n}; R_b = \frac{1}{\alpha_b}$	
	Вт/(м ² ·К)	ккал/(м ² ·ч·К)	(м ² ·К)/Вт	(м ² ·ч·К)/ккал
Наружная поверхность				
стен и бесчердачных покрытий	23,2	20	0,043	0,05
стен и чердачных перекрытий	11,6	10	0,086	0,1
Внутренняя поверхность стен				
охлаждаемых помещений	8,12	7	0,123	0,143
отопливаемых помещений	8,7	7,5	0,115	0,133
Потолки охлаждаемых и отопливаемых помещений, имеющие кессоны	6,96	6	0,143	0,167
Поверхность пола более теплой камеры при расположении под ней холодной камеры	6,96	6	0,143	0,167
Поверхность потолка холодной камеры при расположении над ней более теплой камеры	5,81	5	0,172	0,2
Поверхности потолка, стен и пола при циркуляции воздуха				
умеренной (камеры хранения охлажденных грузов)	9,28	8	0,108	0,125
интенсивной (камеры замораживания с побудительной циркуляцией воздуха, камеры предварительного охлаждения, камеры охлаждения мясосокомбинатов)	10,44	9	0,0955	0,111

Коэффициент теплопередачи ограждения при условии недопущения конденсации влаги на их поверхности определяют по формуле

$$k^{TP} = 0,95\alpha_n \cdot \frac{t_n - t_p}{(t_n - t_b)n}, \quad (\text{III-12})$$

где t_p — точка росы при расчетных параметрах воздуха (снаружи или в более теплом помещении), °С;

n — коэффициент, зависящий от назначения ограждения и от положения поверхности его относительно наружного воздуха (для наружных ограждений холодильников значение $n=1$).

Коэффициенты теплопередачи стен и других ограждений в зависимости от температуры воз-

духа в камерах и климатических зон приведены в СНиП II—105—74, часть II, глава 105 «Холодильники».

Если к стене холодильника примыкают отопливаемые помещения, то коэффициент теплопередачи стены проверяют по условию недопущения конденсации влаги на поверхности стены со стороны отопливаемого помещения в соответствие с формулой (III-12).

Сопротивление паропроницанию

Минимально допустимую величину сопротивления паропроницанию слоя паронизолации определяют графоаналитическим способом по методу стационарного режима (рис. III-1). Расчет ведут в следующем порядке. Устанав-

Вычисляют температуры на границах слоев ограждения

$$t_n = t_n - \frac{t_n - t_b}{R_o} \cdot \left(R_n + \sum_{i=1}^{n-1} R_n \right), \quad (\text{III-14})$$

где t_n — температура наружной поверхности n -го слоя ограждения, считая нумерацию слоев от наружной поверхности ограждения, °C;

$\sum_{i=1}^{n-1} R_n$ — сумма тепловых сопротивлений слоев ограждения, расположенных между наружным воздухом и поверхностью n -го слоя, включая тепловое сопротивление у наружной поверхности ограждения, (м²·K)/Вт.

Находят максимальные упругости водяного пара E , соответствующие температурам, полученным по формуле (III-14). Определяют сопротивление паропроницанию ограждения и отдельных его слоев:

$$R_{п.о} = R_{п.н} + \sum_{i=1}^n R_{п.л} + R_{п.в};$$

$$\sum_{i=1}^n R_{п.л} = R_{п.1} + R_{п.2} + \dots + R_{п.n}; \quad R_{п.л} = \frac{\delta_{п.л}}{\mu_{п.л}}, \quad (\text{III-15})$$

где $R_{п.о}$ — общее сопротивление паропроницанию ограждения, (м²·ч × МПа)/кг;

$R_{п.л}$ — сопротивление паропроницанию любого n -го слоя ограждения, (м²·ч·МПа)/кг;

n — число слоев ограждения;

$R_{п.в}, R_{п.н}$ — сопротивление паропроницанию пограничных слоев воздуха у внутренней и наружной поверхностей ограждения, (м²·ч × МПа)/кг;

μ — коэффициент паропроницаемости материала слоя, кг/(м × ч·МПа) (см. табл. III-4).

Найденные по формуле (III-15) значения сопротивлений отдельных слоев откладывают (см. рис. III-1) по оси x в масштабе сопротивлений паропроницанию последовательно, начиная с пограничного слоя воздуха у наружной поверхности и кончая пограничным слоем у внутренней поверхности ограждения. На оси y строят шкалу масштаба упругости водяного пара. На границах слоев (оси y) откладывают в выбранном масштабе найденные вы-

ше максимальные упругости водяного пара E . Соединяя их, получают кривую максимальной упругости E . На вертикальной прямой, отделяющей пограничный слой от внутреннего воздуха, отмечают точкой действительную упругость водяного пара e_b

$$e_b = E_b \varphi_b. \quad (\text{III-16})$$

Из полученной точки проводят касательную к линии максимальной упругости водяного пара E . На вертикальной прямой, отделяющей пограничный слой от наружного воздуха, отмечают точкой действительную упругость водяного пара e_n :

$$e_n = E_n \varphi_n. \quad (\text{III-17})$$

Из этой точки проводят горизонтальную прямую до пересечения с касательной к E . Отрезок горизонтальной прямой между точкой пересечения P и вертикальной прямой, отделяющей пограничный слой от наружного воздуха, выражает искомое сопротивление паропроницанию слоя пароизоляции $R_{п.п}^{тр}$, необходимое для предотвращения накопления конденсата водяного пара в конструкции.

Если точка пересечения P окажется справа от оси y , то это означает, что дополнительный пароизоляционный слой не требуется и что при данных параметрах наружного и внутреннего воздуха в принятой конструкции конденсации влаги не будет.

При пересечении касательной к E и горизонтальной прямой слева от оси y $R_{п.п}^{тр}$ определяют более точно по формуле, которую получают при аналитическом решении системы уравнений двух упомянутых прямых

$$R_{п.п}^{тр} = \frac{(e_n - E_k) \cdot (R_{п.о} - \sum R_{п.к})}{e_b - E_k} + \sum R_{п.к}, \quad (\text{III-18})$$

где $R_{п.п}^{тр}$ — сопротивление паропроницанию дополнительного пароизоляционного слоя, необходимое (требуемое) для предотвращения накопления конденсата в конструкции (м²·ч·МПа)/кг;

$R_{п.о}$ — общее сопротивление паропроницанию всей конструкции ограждения, включая пограничные слои воздуха (без $R_{п.п}^{тр}$), (м²·ч·МПа)/кг;

$\sum R_{п.к}$ — сумма сопротивлений паропроницанию слоев конструкции, расположенных между наружным воз-

духом и границей между слоями, на которой расположена точка касания прямой к E , ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{МПа}$)/кг;

E_{κ} — максимальная упругость водяного пара в точке касания к E , МПа;

$e_{\text{в}}$; $e_{\text{в}}$ — действительные упругости водяного пара соответственно наружного и внутреннего воздуха, МПа.

Входящие в формулу величины показаны на рис. III-1. Если $R_{\text{п}}^{\text{тр}}$ получится со знаком минус, то сопротивление паропрооницанию недостаточно для предотвращения накопления конденсата в конструкции. Тогда по найденному значению $R_{\text{п}}^{\text{тр}}$ определяют число слоев рулонного пароизоляционного материала или толщину слоя пароизоляционной мастики, из которых намечено выполнить пароизоляционный слой. Сопротивление паропрооницанию некоторых рулонных материалов и слоев битума и полимерных мастик приведены в табл. III-5. При положительном значении $R_{\text{п}}^{\text{тр}}$ принятая конструкция имеет избыточное сопротивление паропрооницанию при данных условиях и в дополнительном слое пароизоляции не нуждается. Нулевое значение $R_{\text{п}}^{\text{тр}}$ свидетельствует о рациональном выборе конструкции без излишеств.

Действующие в настоящее время СНиП II-105-74 предусматривают проверку сопротивления паропрооницанию $R_{\text{п}}^{\text{тр}}$ [в ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{МПа}$)/кг] пароизоляционного слоя ограждения по формуле

$$R_{\text{п}}^{\text{тр}} = 1,6 \Delta e, \quad (\text{III-19})$$

где Δe — разность упругостей водяного пара снаружи и внутри камеры, МПа.

Для частного случая, когда точка касания прямой к E окажется на границе между отдельным слоем и слоем теплоизоляции, применима приближенная формула

$$R_{\text{п}}^{\text{тр}} > \frac{R_{\text{п.от}} \cdot (1 + M_1)}{M_2} - (R_{\text{п.из}} + R_{\text{п.ог}}), \quad (\text{III-20})$$

где $R_{\text{п.от}}$ — сопротивление паропрооницанию отдельного слоя;

$R_{\text{п.из}}$ — то же, слоя тепловой изоляции;

$R_{\text{п.ог}}$ — то же, ограждающей строительной конструкции в виде кирпичной или бетонной стены и т. п.

$$M_1 = \frac{R_{\text{п.ог}}}{R_{\text{п.из}}} = \frac{(\varphi_{\text{н}} - \varphi_{\kappa}) E'_{\text{н}}}{(t'_{\text{н}} - t'_{\text{в}}) \frac{dE}{dt_{\text{в}}}} - 1, \quad (\text{III-21})$$

$$M_2 = \frac{R_{\text{п.от}}}{R_{\text{п.из}}} = \frac{(1 - \varphi'_{\text{в}}) E'_{\text{в}}}{(t'_{\text{н}} - t'_{\text{в}}) \frac{dE}{dt_{\text{в}}}},$$

$$\varphi_{\kappa} = \frac{E'_{\text{в}}}{E'_{\text{н}}}, \quad (\text{III-22})$$

здесь $t'_{\text{н}}$ и $t'_{\text{в}}$ — температура наружного воздуха и в камере, °С;

$E'_{\text{в}}$ и $E'_{\text{н}}$ — максимальные упругости водяного пара, соответствующие температурам $t'_{\text{н}}$ и $t'_{\text{в}}$;

$\varphi'_{\text{н}}$ и $\varphi'_{\text{в}}$ — относительная влажность воздуха наружного и в камере;

$t_{\text{в}}$ — температура внутренней (холодной) поверхности теплоизоляционной конструкции, °С.

Формула (III-20) дает достаточную для инженерных расчетов точность, когда теплоизоляционный слой состоит из материалов с большим коэффициентом паропрооницаемости μ (минераловатные, торфяные и древесноволокнистые плиты); при изоляционном слое из пенопластов она неприменима.

Кроме водяных паров наружного воздуха, источниками увлажнения теплоизоляционного слоя могут быть:

грунтовая влага, проникающая в конструкцию вследствие капиллярного всасывания при отсутствии гидроизоляции;

метеорологическая влага, проникающая в готовое ограждение или при его возведении во время выпадения атмосферных осадков или таяния снега;

производственная влага, связанная с эксплуатацией здания и технологическими процессами и проникающая в мокрых помещениях в полы и нижние части стен.

В связи с этим при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий холодильников и примыкающих к ним отапливаемых помещений необходимо предусматривать и принимать меры по защите теплоизоляционного слоя от увлажнения из всех возможных источников.

Изоляция тепловых мостиков

Тепловые мостики образуются в местах примыкания к железобетонной плите перекрытия перегородок между помещениями с резко отличающимися температурами воздуха. Тепловые мостики вызывают конденсацию влаги с образованием капли и льда. Во избежание возникновения конденсации влаги в местах образо-

Минимальная ширина фартука по поверхности потолка

Наименование и расположение основной изолированной конструкции	Коэффициент теплопередачи K основной конструкции		Ширина фартука, мм
	Вт/(м ² ·К)	ккал/(м ² ·ч·К)	
Перегородка между помещением с нулевой температурой, сообщаемым с наружным воздухом и камерой замораживания	0,29	0,25	1500
То же и камерой хранения мороженных продуктов	0,35	0,30	1000

вания мостиков наклеивают изоляцию (фартук). Необходимость устройства фартуков определяют по предварительно рассчитанному температурному полю в данном элементе конструкции. Мостик требуется изолировать, если температура поля со стороны камеры с нулевой или плюсовой температурой оказывается равной точке росы при заданных параметрах воздуха или ниже ее. Изоляцию устраивают на колоннах, проходящих из камер хранения мороженных продуктов к расположенным на верхнем этаже холодильника универсальным камерам. В том случае, когда в универсальных камерах хранятся охлажденные продукты, отсутствие изоляции на колоннах может привести к подмораживанию продуктов около них. Колонны изолируют со стороны универсальной камеры на высоту 1,5 м от пола, соединяя изоляцию колонн и перекрытий.

Перегородки между вестибулями и камерами хранения изолируют непрерывным слоем по высоте всех этажей. В плитах междуэтажных перекрытий делают разрыв, равный толщине изоляции перегородки.

Толщину фартука принимают равной толщине изоляции основной конструкции (перегородки или перекрытия). Ширину или высоту фартука (на колонне) принимают с таким расчетом, чтобы сопротивление теплопередаче по теплопроводному элементу составляло примерно $\frac{1}{4}$ от сопротивления теплопередаче по толщине фартука (табл. III-12).

Изоляция пристенных участков полов, лежащих на грунте

Кроме основного теплоизоляционного слоя одинаковой толщины по всей площади пола камеры, соответствующего нормативному коэффициенту теплопередачи, по периметру наружных стен камеры укладывают дополнительную теплоизоляцию переменной толщины.

Дополнительная теплоизоляция позволяет выровнять тепловые потоки на пристенных участках и сделать их одинаковыми по всей поверхности пола. Тепловое сопротивление дополнительного слоя изоляции переменной толщины $R_{из}$ [в м²·К/Вт] определяют по формуле

$$R_{из} = \frac{t_n - t_b}{q_{z=0}} - \frac{\delta \bar{\delta}}{\lambda_{гр}}, \quad (III-23)$$

где t_n , t_b — расчетные температуры соответственно наружного воздуха и воздуха в камере, °С;

$q_{z=0}$ — тепловой поток от наружного воздуха через грунт на поверхности пола при заданном расстоянии от наружной стены, Вт/м²;

$\lambda_{гр}$ — коэффициент теплопроводности грунта, Вт/(м·К);

b — ширина холодильника, м;

$\bar{\delta}$ — величина, зависящая от положения (координат) данной точки на поверхности пола (грунта).

Расчетное термическое сопротивление дополнительного слоя изоляции, а также его расчетная и действительная толщина из жестких минераловатных плит с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{из}=0,093$ Вт/(м·К) приведены в табл. III-13. При использовании ПСВ-С эта толщина будет в 2 раза меньше.

Конструктивное решение тепловой изоляции с дополнительным слоем переменной толщины на пристенных участках приведено на рис. III-2.

ИЗОЛЯЦИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

При изолировании холодильных трубопроводов необходимо полностью исключить или свести до минимума возможность проникновения в изоляцию влаги как в виде паров из

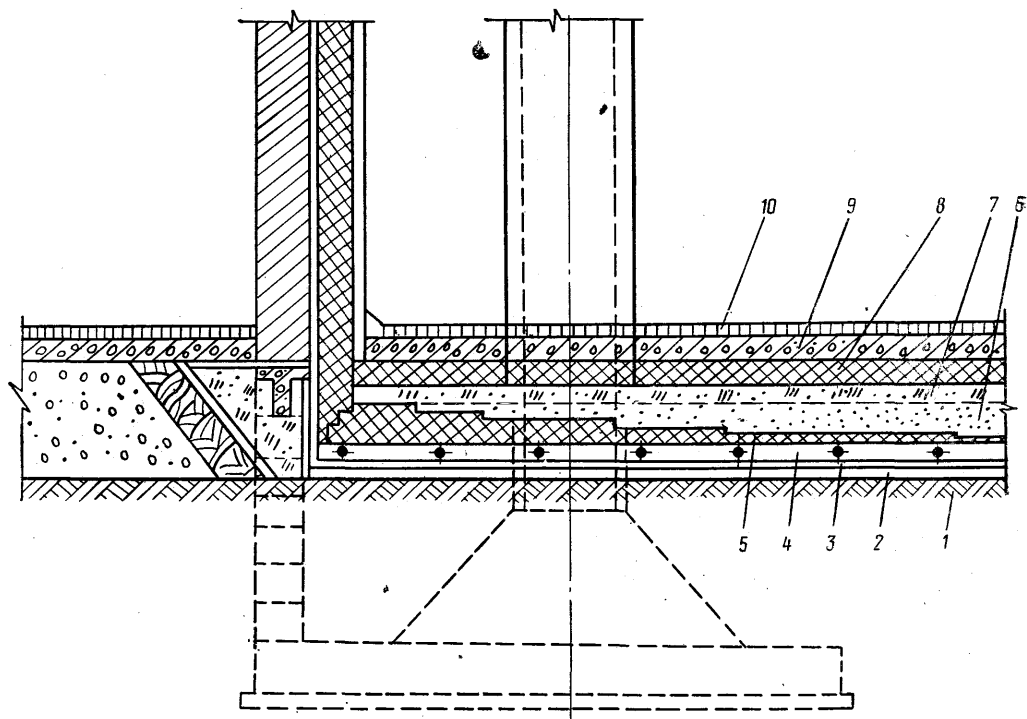


Рис. III—2. Изоляция пристенных участков полов на грунте:

1—уплотненный послойно грунт; 2—бетонная подготовка; 3—парогидроизоляция под нагревательной плитой; 4—бетонная плита с электронагревателями; 5—плитная тепловая изоляция переменной толщины; 6—подсыпка из крупнозернистого песка; 7—керамзитовый гравий; 8—плитная тепловая изоляция; 9—бетонная армированная подготовка; 10—чистый пол.

Таблица III—13

Расчетное термическое сопротивление и толщина дополнительного слоя тепловой изоляции на пристенных участках полов на грунте при $\lambda_{из}=0,093 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

Показатели	Расстояние от наружной стены, м						
	0,5	1	2	3	4	5	6
Расчетное термическое сопротивление дополнительного слоя изоляции, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	3,98	3,52	2,84	2,29	1,69	1,145	0,64
Расчетная толщина дополнительного слоя изоляции, мм	274	247	195	157,5	116	78,7	44
Действительная толщина слоя изоляции (при толщине плит 50 мм), мм	300	250	200	150	100	50	

Примечание. Приведенные в табл. III—13 данные соответствуют температуре $t_{в} = -18^\circ \text{C}$ в средней климатической зоне СССР. Для других условий расчетные термические сопротивления дополнительного слоя изоляции следует определять по сборнику «Теплоизоляционные материалы и конструкции изолированных ограждений холодильников» (см. Список использованной литературы).

окружающего теплого воздуха, так и в виде капельной влаги от поверхностного конденсата или атмосферных осадков. Капельная влага проникает внутрь изоляции посредством капиллярной диффузии от ее поверхности, которая может увлажняться в результате конденсации на ней влаги из воздуха.

При расчете изоляции холодильных трубопроводов необходимо установить толщину изоляционного слоя, обеспечивающего предотвращение конденсации влаги из окружающего воздуха на ее поверхности, и определить теплоприток к холодильному агенту через изоляцию охлаждаемого трубопровода.

Для изолирования холодильных трубопроводов применяют эффективные теплоизоляционные материалы, стойкие к различным видам увлажнения, с объемной массой от 20 до 250 кг/м³, с коэффициентом теплопроводности от 0,028 до 0,075 Вт/(м·К). Применение этих материалов дает возможность создавать изоляционные конструкции небольшой толщины изоляционного слоя даже в том случае, если в трубопроводах циркулирует хладагент с довольно низкой температурой. В случае применения материалов с малой объемной массой (20—30 кг/м³) нагрузки изоляции холодильных трубопроводов, как правило, специально не рассчитывают. Применяемые подвески и опоры для трубопроводов свободно воспринимают и дополнительную нагрузку от изоляции.

Определение минимальной толщины изоляции

Минимальную толщину изоляции холодильных трубопроводов, обеспечивающую предотвращение конденсации влаги из окружающего воздуха на ее поверхности, определяют по уравнению

$$\frac{t_n - t_x}{t_n - t_p} = 1 + \frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln \frac{d_n}{d_1} \cdot \alpha_2 d_n, \quad (\text{III-24})$$

где t_n — температура окружающего воздуха, °С;

t_x — температура хладагента, °С;

t_p — температура точки росы окружающего воздуха, °С.

Остальные обозначения — по уравнению (III-26).

Так как правая часть уравнения (III-24) представляет собой показательную функцию, d_n определяют подбором.

Температура выпадения влаги (точки росы) t_p определяется на основании температуры (t_n) и относительной влажности (φ_n) окружающего воздуха.

Толщину изоляции $\delta_{\text{мин}}$ (в м) определяют по формуле

$$\delta_{\text{мин}} = \frac{d_n - d_1}{2\lambda}; \quad \delta_{\text{из}} = \delta_{\text{мин}} + a, \quad (\text{III-25})$$

где a — величина запаса на случай отклонения температуры точки росы наружного воздуха от его расчетной величины.

Определение теплопритока через изоляцию

Теплоприток Q_l [в Вт/м] через изоляцию холодильных трубопроводов, отнесенный к 1 м длины трубопровода, определяют по следующей формуле:

$$Q_l = \pi (t_n - t_x) / \left(\frac{1}{\alpha_1 d_n} + \frac{1}{2\lambda_1} \cdot \ln \frac{d_1}{d_n} + \frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_3} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2\lambda_4} \cdot \ln \frac{d_n}{d_3} + \frac{1}{\alpha_2 d_n} \right), \quad (\text{III-26})$$

где α_1 — коэффициент теплоотдачи от стенки трубопровода к хладагенту;

α_2 — коэффициент теплоотдачи от наружного воздуха к поверхности изолированного трубопровода, Вт/(м²·К);

d_n — внутренний диаметр трубопровода, м;

d_1 — наружный диаметр трубопровода, м;

d_2 — наружный диаметр изоляционного слоя, м;

d_3 — наружный диаметр гидроизоляции, м;

d_n — наружный диаметр цементной штукатурки, м;

λ_1 — коэффициент теплопроводности стенки трубопровода, Вт/(м·К);

λ_2 — коэффициент теплопроводности изоляционного материала, Вт/(м·К);

λ_3 — коэффициент теплопроводности гидроизоляции, Вт/(м·К);

λ_4 — коэффициент теплопроводности цементной штукатурки, Вт/(м·К).

Величинами $\frac{1}{\alpha_1 d_n}$ и $\frac{1}{2\lambda_1} \cdot \ln \frac{d_1}{d_n}$ можно пренебречь, так как α_1 и λ_1 относительно велики. Тогда формула принимает следующий вид:

$$Q_l = \pi (t_n - t_x) / \left(\frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_3} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2} + \right)$$

$$+ \frac{1}{2\lambda_4} \cdot \ln \frac{d_n}{d_3} + \frac{1}{\alpha_2 d_n} \Big); \quad (\text{III-27})$$

$$Q_l = k_l \pi (t_n - t_x) = k_l \pi \theta, \quad (\text{III-28})$$

где k_l — коэффициент теплопередачи, отнесенный к 1 м длины трубопровода, Вт/(м·К):

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_3} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2\lambda_4} \cdot \ln \frac{d_n}{d_3} + \frac{1}{\alpha_2 d_n}}. \quad (\text{III-29})$$

Для предотвращения конденсации влаги необходимо принимать разность температур $\theta = t_n - t_p$ по табл. III-14.

Изоляционные элементы для трубопроводов

Изоляционные элементы (скорлупы и сегменты) из полистирольного пенопласта для холодильных трубопроводов, применяемых на холодильниках, приведены в табл. III-15.

Физико-технические свойства изоляционных элементов из пенополистирола ПСВ-С приведены ниже.

Объемная масса, кг/м ³	20—30
Коэффициент теплопроводности (при средней температуре 20° С), Вт/(м·К), не более	0,04
Предел прочности при изгибе, КПа (кгс/см ²), не менее	20 (2,0)
Прочность при сжатии (сжатие 2—3%), КПа (кгс/см ²), не менее	30 (3)
Влажность, % к объему, не более	0,5
Водопоглощение, % к объему, не более	3,0
Огнестойкость	самозатухающий

Элементы изоляции из минераловатных и торфяных плит для холодильных трубопроводов приведены в табл. III-16.

Изоляционные конструкции холодильных трубопроводов

Холодильные трубопроводы и их арматура (вентили, фланцы) изолируют скорлупами

Таблица III—14

Разности температур θ , исключаяющие конденсацию влаги на поверхности изоляции трубопровода

Температура окружающего воздуха, °С	θ (в °С) при относительной влажности воздуха, %					
	60	65	70	75	80	90
40	9,8	8,2	6,7	5,6	4,2	2,1
30	9,0	7,7	6,4	5,2	4,0	2,0
25	8,8	7,5	6,2	5,0	3,9	1,9
20	8,5	7,2	6,0	4,9	3,8	1,9
15	8,1	7,0	5,7	4,7	3,7	1,8
10	7,8	6,7	5,5	4,6	3,5	1,7
5	7,4	6,2	5,2	4,2	3,3	1,6
0	6,5	5,5	4,6	3,7	2,9	1,3
—5	6,2	5,2	4,3	3,5	2,7	1,3
—10	5,6	4,8	4,1	3,3	2,6	1,2
—15	5,9	4,9	4,0	3,2	2,5	1,2
—20	6,2	5,2	4,2	3,4	2,6	1,1

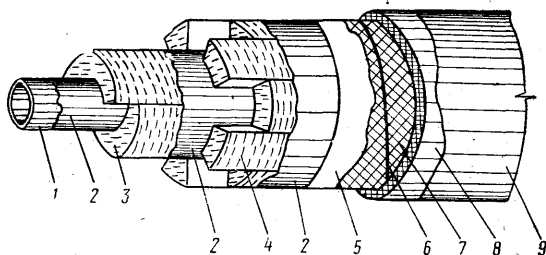


Рис. III—3. Изоляция трубопроводов скорлупами и сегментами:

1—трубопровод; 2—битум; 3—изоляционные скорлупы; 4—изоляционные сегменты; 5—гидроизол; 6—проволока; 7—сетка металлическая; 8—штукатурка; 9—окраска за 2 раза.

(полуцилиндры) и сегментами, которые формируют в специальных матрицах или изготавливают из плит (рис. III-3, III-4). Для изготовления изоляционных элементов используются эффективные жесткие теплоизоляционные материа-

лы. Изоляционные конструкции холодильных трубопроводов с применением скорлуп и сегментов, а также тех и других одновременно показаны на рис. III-3, с применением только скорлуп из ПСВ-С — на рис. III-4. Холодильные трубопроводы можно изолировать и несвязанными сыпучими материалами волокнистого и зернистого строения (гранулами пенополистирола, пробковой крошкой и др.). Конструкция засыпной изоляции трубопровода приведена на рис. III-5. В этом случае делают специальный каркас с надежной гидроизоляционной оболочкой.

ПРОИЗВОДСТВО ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ

Пароизоляционные работы

Изоляция рулонными материалами. В сборных конструкциях ограждений холодильников из железобетонных плит для упрощения работ пароизоляцию наносят на горизонтально рас-

Таблица III—15

Номенклатура изоляционных элементов из пенополистирола для холодильных трубопроводов (ТУ 49 РСФСР 219—74)

Наружный диаметр трубопровода, мм	Марка элемента	Размеры элементов трубой изоляции, мм				Угол обхвата окружности трубопроводов, рад (град)
		внутренний диаметр	наружный диаметр	длина	толщина	
Скорлупы						
25	СК-1	27	137	500—1000	55	3,1416 (180)
38	СК-2	40	160	500—1000	60	
57	СК-3	59	189	500—1000	65	
76	СК-4	78	218	500—1000	70	
108	СК-5	110	260	500—1000	75	
133	СК-6	135	285	500—1000	75	
159	СК-7	161	321	500—1000	80	
219	СК-8	221	391	500—1000	85	
273	СК-9	275	455	500—1000	90	
Сегменты						
325	С-1	328	508	500—1000	90	1,0472 (60)
377	С-2	380	560	500—1000	90	
426	С-3	429	609	500—1000	90	

Примечание. Толщину указанных изоляционных элементов определяют при $t_n = 20^\circ \text{C}$; $\varphi_n = 85\%$; $t_x = -35^\circ \text{C}$.

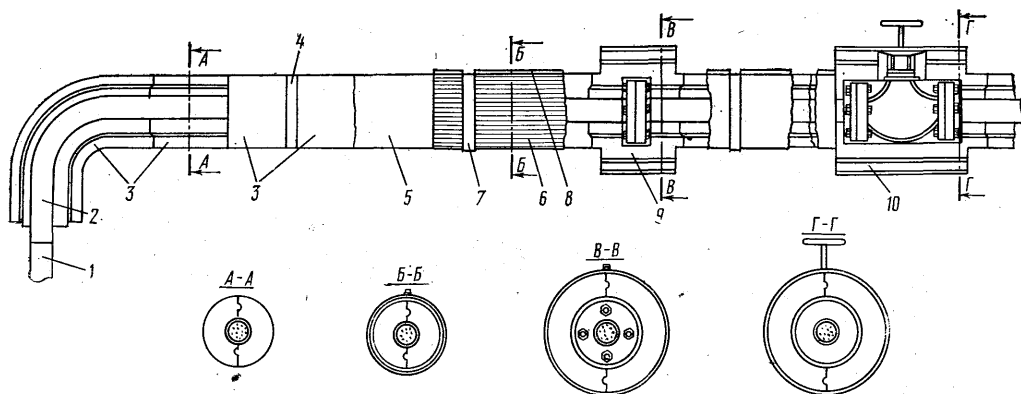


Рис. III—4. Изоляция трубопровода скорлупами из ПСВ-С:

1—холодильный трубопровод; 2—труба, покрытая мастикой ЭГИК; 3—изоляционные элементы трубы — скорлупа из ПСВ-С; 4—крепёжная лента ПЭ или ПВХ (липкая); 5—покрытие изоляции (мастика ЭГИК); 6—покрытие изоляции (фольгоизол); 7—покрытие стыка — полоса фольгоизола; 8—замок покрытия; 9—фланцевая скорлупа; 10—изоляционный элемент вентиля (скорлупа).

Таблица III—16

Номенклатура изоляционных элементов из жестких минераловатных плит и торфсплит для холодильных трубопроводов при $\lambda_{из}=0,07 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$

Диаметр трубы	1-й слой	2-й слой	Толщина изоляции	
	№ скорлупы	№ сегмента	расчетная	фактическая
18	СК1-А	—	81	87
20	СК1-А	—	83	87
22	СК1-А	—	85	87
25	СК1-А	—	88	87
32	СК2-А	—	95	92
38	СК2-А	—	98	92
45	СК1-Б	С1	101	125
48	СК1-Б	С1	103	125
57	СК1-В	С1	107	120
60	СК1-В	С1	108	120
76	СК1-Г	С1	113	110
83	СК2-Б	С2	113	135
89	СК2-Б	С2	117	135
108	СК2-В	С2	123	125
133	СК3-А	С3	128	150
159	СК3-Б	С3	132	140

Примечание. Толщина изоляции холодильных трубопроводов, изолированных скорлупами и сегментами определена для условий: $t_n=20^\circ \text{C}$; $\varphi_n=85\%$; $t_x=-40^\circ \text{C}$.

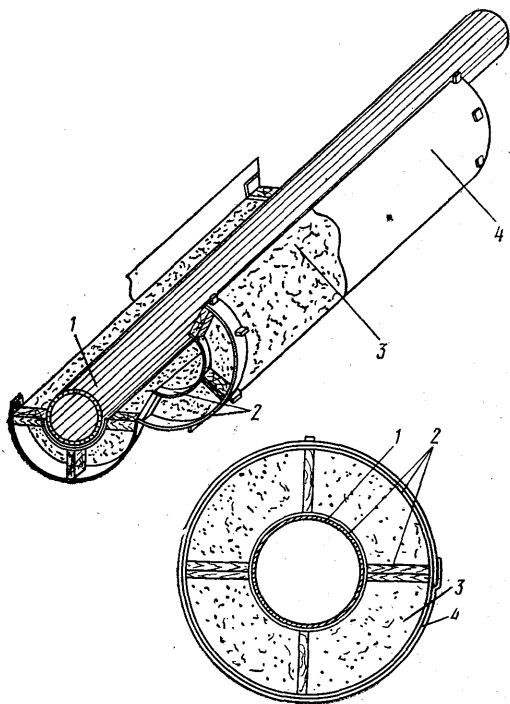


Рис. III—5. Засыпная изоляция трубопровода:
1—трубопровод; 2—каркас изоляции; 3—минеральная вата; 4—гидроизоляция.

положенные плиты (еще до их установки в конструкцию стен), что значительно упрощает производство работ.

При использовании битумизированных рулонных материалов поверхность плит очищают от возможных наростов и пыли и протирают керосином или зеленым маслом, а затем окрашивают битумом или битумной мастикой. На обработанную поверхность наклеивают нарезанные из рулонов полотнища пароизоляции внахлестку шириной около 50 мм. Раскатываемый рулонный материал смазывают сверху горячим битумом, прижимая одновременно к изолируемой поверхности, чтобы он разогрелся и приклеился к ней. Полотнища пароизоляции, прилегающие к углам плиты, должны иметь соответствующий раскрой. После наклейки пароизоляции все швы тщательно промазывают горячим битумом.

Проверяют и принимают пароизоляцию вместе с представителем дирекции холодильника, ответственным по технадзору. Только после приемки пароизоляционных работ на панели укладывают тепловую изоляцию.

При использовании пленок из полимерных материалов пароизоляционные работы выполняют аналогичным образом. В этом случае применяют другой клеящий материал, зависящий от температуростойкости пленки, а также иной способ предварительной обработки поверхности плиты.

Наклейка рулонных материалов на вертикальную поверхность стен — более сложная операция, чем нанесение изоляции на горизонтально расположенные плиты.

Перед нанесением пароизоляции поверхность кирпичной стены должна быть выровнена цементным раствором и хорошо просушена. Заранее должны быть установлены все закладные детали для крепления теплоизоляции (пробки, болты, усики). Порядок наклейки рулонной пароизоляции на поверхность стены такой же, как на железобетонные плиты сборных конструкций.

Пароизоляционные работы следует выполнять при температуре не ниже 5°C . В зимнее время помещения, в которых производят работы, необходимо отапливать, а изолируемую поверхность стен или железобетонных плит прогревать до температуры не ниже $5-10^{\circ}\text{C}$, чтобы на них не конденсировалась влага. Если недостаточно хорошо просушена изолируемая поверхность, первую покраску следует произвести водно-битумной эмульсией 40—50%-ной концентрации и подсушить, после чего повторно красят горячим битумом до получения слоя требуемой толщины. Температура битума и битумных мастик в момент их применения должна быть не ниже $160-180^{\circ}\text{C}$.

Битумизированные рулонные материалы, применяемые как пароизоляторы, должны иметь минеральную основу (асбест, асбестовый картон, стекловолно, стеклоткань и т. п.). Для увеличения сопротивления паропропусканию каждый слой из рулонного материала необходимо наклеивать на изолируемую поверхность по сплошному слою битума и таким же слоем покрывать сверху после наклейки.

Во избежание образования складок при приклейке рулоны заранее раскатывают, складывают полотно в штабель (желательно под гнет) и выдерживают не менее суток. Поверхность полотна должна быть чистой и сухой.

На вертикальные и наклонные поверхности рулонные материалы наклеивают снизу вверх, а затем тщательно притирают к основанию деревянным шпателем с удлиненной ручкой и прикатывают катком с мягкой обкаткой. В местах пропуска средств крепления (усиков, болтов, пробок и т. п.) через пароизоляцию производят тщательную промазку зазоров и покраску поверхности усиков, болтов и пробок клеящим материалом (битумом, битумной мастикой и т. п.). С целью получения непрерыв-

ного пароизоляционного слоя по всей изолируемой поверхности деревянные рейки ставят только во втором (последнем) слое плитной изоляции и крепят их болтами, заделанными в плиту при ее бетонировании, не только к стене, но и к торцу (вертикальной грани) железобетонной плиты перекрытия.

При выполнении тепловой изоляции ограждений из блоков пенобетона, пеностекла целесообразно совместить устройство пароизоляционного слоя с приклейкой блоков к изолируемой поверхности. В этом случае применяют холодные пароизоляционные мастики, например мастику ЛТИХП или мастику НИИасбест и т. п.

Мастику ЛТИХП наносят на поверхность кирпичной кладки после очистки ее от пыли, наплывов раствора, без предварительной затирки цементным раствором. После выравнивания первого слоя наносят второй, которым одновременно приклеивают блоки к изолируемой поверхности.

Изоляция мастичными материалами. Мастичная пароизоляция является более эффективной по сравнению с рулонной: ее применяют только при механизированном способе нанесения ее (распылением) под давлением 500—600 кПа (5—6 кгс/см²). При этом способе обеспечивается заполнение всех пор основания, хорошее сцепление мастики с изолируемой поверхностью и равномерность нанесения слоя пароизоляции.

Разработанный ВНИИХИ новый механизированный способ нанесения пароизоляции предусматривает использование холодной эмульсионной битумно-полимерной и горячей битумной мастик. Поверхности конструкций при нанесении покрытий из горячих битумных мастик должны быть достаточно сухими, что определяется пробной окраской битумом небольшого участка стены. Покрытия из эмульсионных битумных мастик можно наносить на влажные поверхности.

Пароизоляционные покрытия на ограждениях холодильника создаются послойным нанесением на них мастичного состава. В случае использования для этих целей эмульсионных битумно-полимерных мастик одновременно с мастикой распыляется раствор коагулянта. Толщина отдельных слоев не должна превышать 1—1,5 мм. Общее число слоев определяют исходя из требуемой толщины покрытия.

Мастичные покрытия могут быть армированными и неармированными. Покрытия армируют стеклосеткой. Армированные покрытия выполняют следующим образом. Из рулона нарезают полотно стеклосетки, длина которых должна соответствовать высоте камеры, наносят грунтовочный слой из битумной эмульсии или битумной мастики на органическом раство-

рителе, по грунтовочному слою до исчезновения отлипания наклеивают полотно стеклосетки. Для этого один конец полотна, закрепленный битумной мастикой наверху, приглаживают сверху вниз деревянной гладилкой к загрунтованной поверхности конструкции. Отдельные полотна стеклосетки наклеивают на ограждение с напуском в стыках 10 см. После закрепления стеклосетки на ограждения наносят битумную мастику вторым, третьим и последующими слоями до получения покрытия заданной толщины. На изолируемой поверхности не допускают впадин. Перед нанесением покрытия их нужно заделать цементным раствором. Швы сборных железобетонных конструкций и места, где трещины могут раскрыться, должны быть армированы стеклосеткой.

Покрытия из битумных мастик формируются в естественных условиях. Продолжительность формирования зависит от характеристики применяемых мастик и в среднем колеблется от 1—2 ч до нескольких суток.

Качество готового пароизоляционного покрытия устанавливают осмотром. Готовое и сформировавшееся покрытие должно удовлетворять следующим требованиям: покрытие не должно иметь трещин, раковин, вздутий, губчатости и отслоений; толщина покрытия и его конструкция должны соответствовать проектной.

Теплоизоляционные работы

К теплоизоляционным работам приступают только после приемки пароизоляции — проверяют качество примененных материалов лабораторными испытаниями и тщательным обследованием качества выполнения работ.

Теплоизоляционные материалы должны находиться в воздушно-сухом состоянии и предохраняться от попадания в них влаги во время работы и после ее окончания.

Изоляция плитными материалами. Теплоизоляционные плиты (минеральная и натуральная пробка, плиты из пенопластов, жесткие минераловатные плиты и др.), как правило, предварительно склеивают в блоки (две или три плиты по толщине), чтобы общая толщина изоляции состояла из двух или максимум из трех слоев.

Склеивку плит в блоки, а также приклейку второго слоя блоков к первому делают не сплошной, а точечной или полосовой, чтобы не создавать пароизоляционного слоя внутри теплоизоляции. Первый слой блоков приклеивают к пароизоляции сплошным слоем битума или другого клея.

Склеенные блоки обрезают по длине и ширине, а иногда пропускают через фугочный сток для выравнивания по толщине, чтобы они

плотно прилежали к изолируемой поверхности или предыдущему слою.

Номера и состав битумов и мастик должны соответствовать техническим условиям на производство данных работ. При использовании битумов необходимо применять следующие марки: БН-III — при изоляции междуэтажных перекрытий и покрытий сверху; БН-IV — при изоляции внутренних стен и перегородок, колонн, трубопроводов; БН-V — для склейки плит в блоки; при изоляции наружных стен в южных районах, наклейки паронизолации и первого слоя плит на поверхность наружных стен в среднем и северном климатических районах; при изоляции наружных линий трубопроводов; при изоляции перекрытий снизу.

Детали для крепления теплоизоляции готовят из сухого дерева хвойных пород, антисептированного раствором кремнефтористого натрия; перед установкой в конструкцию их окрашивают со всех сторон битумом.

После наклейки первого слоя блоков на сплошном слое битума по паронизолации неплотности в швах тщательно проконопачивают изоляционной крошкой, смешанной с битумом или битумной мастикой — на вертикальных стенах, или без битума — при изоляции горизонтальных плоскостей.

Если изоляция состоит из двух слоев пакетов, то после наклейки и шпаклевки швов первого слоя устанавливают рейки по середине каждого ряда приклеенных пакетов. Между рейками наклеивают второй слой пакетов с перекрытием швов первого слоя. По рейкам крепят металлическую сетку с ячейками 5×5 см, а на высоте до 1 м от пола — 6×6 мм (от грызунов). По сетке наносят цементную штукатурку. При изоляции из минеральной пробки сетку от грызунов не ставят.

Состав штукатурки по изоляции: при наличии паронизолации на внутренней поверхности изоляционного слоя 1:3 (цемент, песок) на известковом молоке; при отсутствии паронизолации на внутренней поверхности тепловой изоляции 1:1:3 (цемент, известь, песок).

Если паронизолации на внутренней поверхности теплоизоляционного слоя нет, рекомендуется вместо мокрой штукатурки применять асбестоцементные листы (перфорированные). При цементировании перфорированных листов между ними и поверхностью теплоизоляции сохраняют воздушное пространство шириной 30—50 мм; у пола и потолка в обшивке оставляют щели для сообщения воздушного пространства с холодильной камерой.

Перегородки изолируют плитными материалами в том же порядке, как и наружные стены.

При отсутствии ограждающей стенки плитные материалы укладывают в каркас из деревянных реек. С теплой стороны наносят паро-

изоляционный слой на поверхность теплоизоляции и цементную штукатурку по сетке. Поверхность изоляции с другой стороны штукатурят цементно-известковым раствором.

Различают два варианта взаимного расположения камер холодильника, междуэтажных, чердачных перекрытий и бесчердачных покрытий:

1. Ниже перекрытия расположены камеры с более высокой температурой (например, подвальные нулевые камеры) и соответственно паронизолация наклеена на поверхность железобетонной плиты перекрытия. В этом случае первый слой плитных материалов наклеивают на паронизолацию сплошным слоем битума или битумной мастики. Последующие слои укладывают насухо. Поверхность последнего слоя плит красят сплошным слоем битума, а сверху наклеивают один слой пергамина или гидроизола для защиты от влаги при укладке бетонной подготовки под чистый пол.

2. Более теплые камеры расположены над перекрытием (например, универсальные камеры верхнего этажа или чердачное помещение). В этом случае паронизолация должна быть нанесена сверху по теплоизоляции. Все слои плитной изоляции укладывают на несущую плиту перекрытия насухо; поверхность последнего слоя красят сплошным слоем битума и на нее наклеивают рулонную паронизолацию. Сверху укладывают армированную бетонную подготовку (на междуэтажное перекрытие) или защитную стяжку (на чердачное перекрытие или бесчердачное покрытие). Защитные стяжки по изоляции чердачных перекрытий чаще делают из шлакобетона без армирования, а по изоляции бесчердачных покрытий из армированного бетона толщиной 4—6 см.

Изоляция блочными материалами. Блочные материалы (газо- и пенобетон, пеностекло и т. п.) применяют в перегородках между камерами с одинаковыми температурами, а также в покрытиях.

Теплоизоляционные блоки должны иметь правильную геометрическую форму, быть без трещин, вмятин, отбитых углов и ребер, а также отвечать требованиям ГОСТа на данный материал.

В однослойных перегородках из газо- и пенобетона между низкотемпературными камерами блоки укладывают на теплый раствор и штукатурят с обеих сторон цементным раствором.

Перегородки из пеностекольных блоков без ограждающей стенки во всех случаях кладут на мастику с точечной приклейкой блоков второго слоя к первому (при двухслойной перегородке). Паронизолационный слой со стороны теплой камеры делают из мастики, а со сторо-

ны холодной камеры его штукатурят известково-цементным раствором.

При изоляции блочными материалами покрытие сверху перед укладкой блоков на поверхность несущей железобетонной плиты (с пароиоляцией или без нее) насыпают слой сухого просеянного песка толщиной 2 см. Подобранные по толщине блоки укладывают на слой песка и заполняют швы между ними: при пеностекольных блоках — мастикой или смесью мастики с крошкой, при газо- и пенобетонных блоках — жидким пенобетоном или мастикой с крошкой. Так же укладывают и второй слой. Поверхность газо- и пенобетонной изоляции затирают цементным раствором, пеностекольной изоляции — битумной мастикой и сверху наклеивают гидроизоляцию, а затем укладывают бетонную армированную защитную стяжку, по которой наклеивают кровлю.

При расположении пароиоляции снизу на покрытие насыпают защитный слой песка и укладывают блоки. Поверхность последнего слоя блоков красят за один раз битумом для защиты от увлажнения при последующей укладке бетонной стяжки.

Изоляцию высокотеплопроводных элементов (мостиков тепла) в виде наклеек на стены и перегородки, а также подклеек к потолку (фартуки) производят плитными материалами, соблюдая изложенные выше указания. Подклеек фартуков по потолку более рационально выполнять из пенопластов как более легких материалов. Гладкая поверхность плит пенопластов позволяет обходиться без штукатурки фартука, что в свою очередь уменьшает возможность отслаивания его под действием собственного веса.

При устройстве противопожарных поясов недопустимы пустоты и щели в швах, через которые может проникнуть огонь. Поэтому пенобетонные блоки или асбовермикулитовые плиты необходимо укладывать особенно тщательно, заполняя все швы раствором.

Изоляция пористо-зернистыми материалами. Пористо-зернистые (сыпучие) материалы, главным образом неорганические (топливные и доменные шлаки, пемза, керамзитовый гравий), применяют для изоляции полов и редко — для изоляции чердачных покрытий (при высоком коэффициенте теплопередачи).

Сыпучие материалы органического происхождения (пробковая крошка, древесные опилки и др.) применяют крайне редко, в основном для изоляции стен и перегородок в холодильниках малой емкости (до 100 т). При этом принимают меры против их загнивания и возгорания.

Засыпные материалы укладывают (в смеси с фосфатами, затрудняющими возгорание) в

конструкцию слоями толщиной не более 10 см, тщательно уплотняя каждый слой с тем, чтобы последующая осадка была минимальной. Особенно тщательно должен быть выполнен пароиоляционный слой для защиты засыпной изоляции с теплой стороны. Если засыпную изоляцию укладывают между деревянными обшивками, то обшивку делают двухслойной с тем, чтобы между слоями обшивки заложить рулонную пароиоляцию. При укладке изоляции между двумя кирпичными или блочными стенками сначала возводят стенку, расположенную с теплой стороны от слоя изоляции, накладывают на ее поверхность требуемый по проекту пароиоляционный слой. Затем постепенно выкладывают вторую стенку и засыпают между ней и первой стенкой изоляцию с тщательной послойной ее трамбовкой.

Изоляция крупноразмерными блоками и панелями из пенопласта ПСВ-С. Применение пенопласта ПСВ-С в виде крупноразмерных теплоизоляционных блоков (2×3 м) и теплоизоляционных панелей (2×3, 2×4,5 м) дает возможность значительно уменьшить количество крепежного материала (деревянных реек, анкеров), отказаться от деревянных реек (безреечный способ крепления), и, кроме того, получить теплоизоляционный слой более высокого качества.

Блоки двух типов клеивают из плит с перекрытием швов нижележащего слоя вышележащим и с образованием четвертей по периметру блока (рис. III-6, а, б). Для получения панели (рис. III-6, в) блоки скрепляют гвоздями и клеем с деревянным каркасом. Размеры стеновых изоляционных блоков и панелей обусловлены высотой холодильных камер, размерами плит теплоизоляции и облицовочных листовых материалов. Плиты клеивают между собой полосами, чтобы не создавать сплошного пароиоляционного слоя внутри изоляции. Клеевой состав наносят на поверхность одной из склеиваемых плит полосами шириной 5 см при расстоянии между полосами 15 см. Склеенные блоки складывают в штабеля в помещении с температурой воздуха не ниже 15°С и выдерживают не менее суток (до полного отвердения клеевого слоя). Для увеличения прочности склеивания блоки в штабелях выдерживают под давлением 5,0 кПа (0,05 кгс/см²).

Теплоизоляционные работы с крупноразмерными блоками и панелями сводятся к их монтажу. Блоки, панели и элементы их каркаса приклеивают к стенам и закрепляют гвоздями, шурупами, анкерами; хомутами и деревянными антисептированными элементами. До начала монтажа на ограждающих конструкциях выполняют элементы для крепления (пробки, хомуты, анкеры), как показано на рис. III-7; блоки или панели, элементы каркаса и кре-

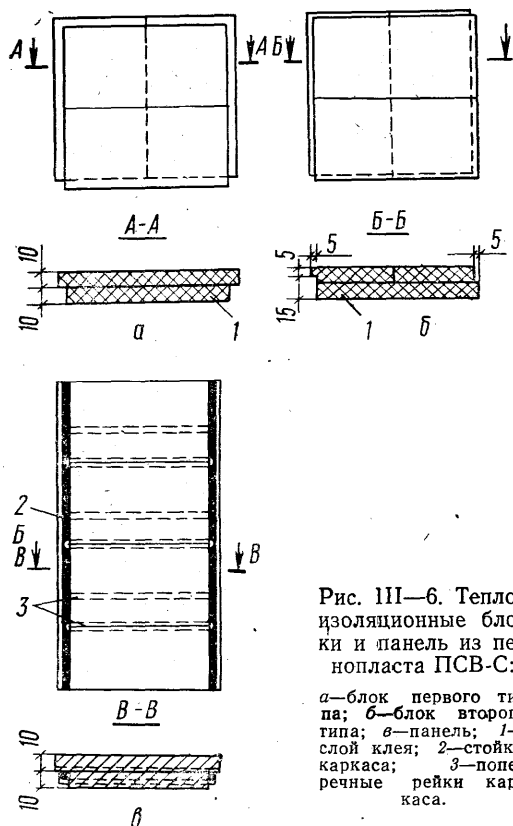


Рис. III—6. Теплоизоляционные блоки и панель из пенопласта ПСВ-С:

а—блок первого типа; б—блок второго типа; в—панель; 1—слой клея; 2—стойки каркаса; 3—поперечные рейки каркаса.

нежные материалы раскладывают вдоль фронта работ.

Блоки монтируют в такой последовательности. При безреечном способе крепления в деревянные пробки предварительно забивают гвозди или шурупы на 10 мм. Поверхность блоков, обращенную к стене, промазывают с помощью шпателя клеевым составом сплошным однородным слоем толщиной примерно 0,5 мм. Затем наклеивают на поверхность стены и при этом накалывают на гвозди, шурупы или анкера (при креплении реек анкерами). Это позволяет использовать крепежные изделия одновременно в качестве временных монтажных.

После наклеивания одного-двух вертикальных рядов блоков по всей высоте стены гвозди (шурупы) извлекают и на их место вплотную к блокам устанавливают вертикальные деревянные рейки, которые крепят к пробкам теми же гвоздями (шурупами) или анкерами. При использовании анкеров рейки должны иметь отверстия для их пропуска; в этом случае рейки закрепляют гайками. Расстояние

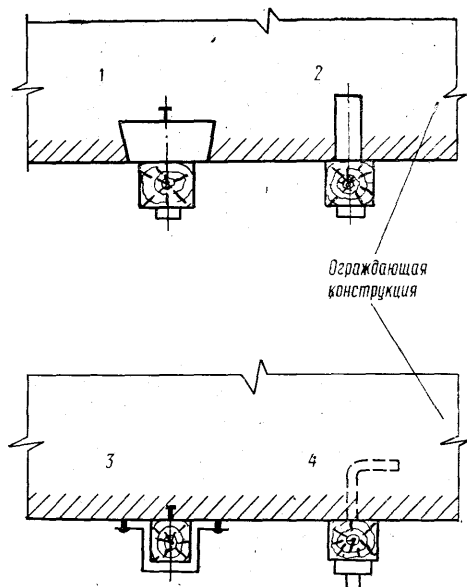


Рис. III—7. Крепление деревянных элементов к ограждающим конструкциям:

1—квадратными пробками на гвоздях и шурупах; 2—круглыми пробками; 3—хомутами путем пристрелки дюбелей; 4—металлическими анкерными болтами.

между рейками должно соответствовать ширине блоков.

Листовые материалы при использовании их в качестве отделочного слоя крепят к рейкам гвоздями или шурупами с шайбами. При оштукатуривании поверхности изоляционного слоя металлическая сетка также крепится к рейкам. Изоляционный слой можно облицовывать одновременно с его монтажом.

При реечном способе крепления монтаж теплоизоляционных блоков отличается тем, что рейки устанавливают не в пазы блоков, а непосредственно к стене. В этом случае сначала к стене крепят рейки, а блоки с нанесенным на их поверхность клеевым слоем устанавливают в распор между рейками, прижимают к стене и крепят к рейкам в двух-трех местах небольшими гвоздями. Стыки между панелями заполняют теплоизоляционными вкладышами.

Двухслойные блоки можно монтировать также безреечным способом. В этом случае блоки крепят к стене с помощью досок-коротышей размером $0,5 \times 0,1 \times 0,01$ м с горизонтальной прорезью длиной 70 мм и шириной 15 мм. Доски можно крепить к пробкам гвоздями или анкерными болтами (рис. III-8).

В зависимости от высоты помещения изоляционные панели монтируют за один или два

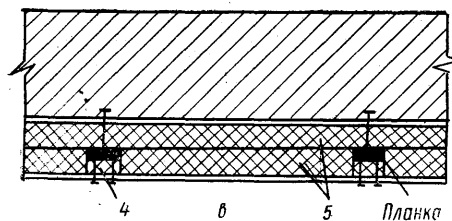
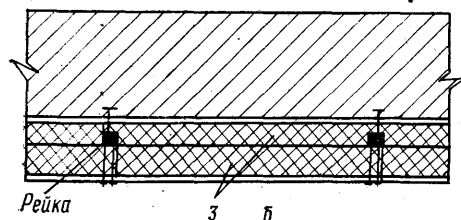
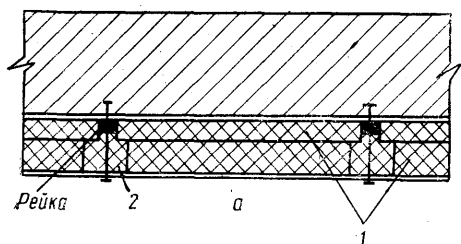


Рис. III—8. Крепление блоков:

а—первого типа; б—второго типа; в—безреечное крепление; 1, 3, 5—блоки; 2, 4—вкладыши.

приема. Панель устанавливают вертикально вплотную к стене, ее деревянный каркас притягивают и закрепляют анкерными болтами. Стык панелей заполняют вкладышами или отходами от плит или заливают пенополиуретановой смесью (рис. III-9).

Изоляция заливкой и напылением пенополиуретана. Создание монолитного бесшовного теплоизоляционного слоя ограждений холодильников из жесткого пенополиуретана путем переработки жидковязкой двухкомпонентной смеси на месте производства работ является более эффективным способом по сравнению с применением плиточных и блочных теплоизоляционных материалов. Этот способ изоляции имеет следующие преимущества: малая трудоемкость производства изоляционных работ, особенно при наличии конструкций сложной конфигурации; непрерывность получаемого изоляционного слоя (нет щелей, стыков); возможность получить расчетную толщину изоляционного слоя.

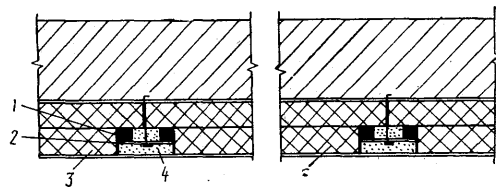


Рис. III—9. Крепление панелей:

1—стойки каркаса; 2—планка с анкером; 3—панели; 4—пенополиуретан.

Ограждения холодильников можно изолировать методом напыления смеси или методом заливки, а также сочетанием их.

При методе напыления на подготовленную и покрытую мастичной пароизоляцией поверхность с помощью специальной установки из пистолета равномерно наносится тонкий слой распыленной смеси.

Нанесенная на поверхность жидковязкая смесь вспенивается, увеличиваясь в объеме в 15—20 раз, затвердевает и прочно сцепляется с поверхностью. Таким образом, поверхность покрывается слоем высокопористого жесткого малотеплопроводного материала.

Толщина напыленного слоя пенополиуретана за один проход распыляющего устройства равна примерно 10 мм. Последующие слои наносят сразу после вспенивания предыдущего. Напыленный слой пенополиуретана твердеет в течение часа (окончание процесса твердения материала происходит за 24 ч).

Для последующего крепления облицовочных листов или металлической сетки под штукатурку до окончания напыления предварительно устанавливают враспор между полом и потолком вертикальные деревянные стойки сечением 60×60 мм таким образом, чтобы по окончании напыления изоляционного слоя они стояли заподлицо с ним. Расстояние между стойками принимается ~1,5 м.

Образованный слой пенополиуретана облицовывают со стороны охлаждаемых помещений твердыми асбестоцементными листами или штукатурят цементно-песчаным раствором по металлической сетке.

При создании теплоизоляции методом заливки между покрытой пароизоляцией поверхностью и установленной на заданном расстоянии облицовкой или временной опалубкой сверху с помощью специального устройства заливают равномерный слой дозированного количества полиуретановой смеси. Толщина слоя заливаемой смеси не должна превышать 60 мм. Последующий слой смеси заливают после 1—1,5-часовой выдержки. За один прием заливки можно изолировать стенку на высоту 1 м и на 6 м по фронту.

Залитая смесь увеличивается в объеме в среднем в 15 раз и заполняет пространство между поверхностью стены и опалубки. По окончании вспенивания смесь затвердевает и сцепляется с ограничивающими поверхностями. При использовании временной опалубки для предотвращения сцепления со смесью ее внутреннюю поверхность покрывают тонким слоем смазки.

Во избежание деформации и сдвига по отношению к проектному положению (за счет развиваемого давления при вспенивании полиуретана) опалубку необходимо укреплять на время заливки. Для этого к крайним колоннам крепят швеллеры в горизонтальном положении с шагом 1 м, а между швеллерами и опалубкой устанавливают враспор вертикальные деревянные брусья с шагом 1 м.

При заливке полиуретановой смеси применяют временную (скользящую) опалубку, по окончании твердения слой пенополиуретана облицовывают аналогично описанному выше. Демонтаж временной опалубки можно производить через 1—1,5 ч после заливки смеси. При создании изоляционного слоя вертикальных поверхностей (стен) холодильников из пенополиуретана толщиной более 100 мм предпочтителен метод заливки.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ИЗОЛИРОВАННЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Эксплуатация изоляции холодильников

Основными причинами ухудшения теплозащитных свойств теплоизоляции в процессе эксплуатации холодильника являются: увлажнение изоляции в период строительства; недостаточная толщина теплоизоляционного слоя, при которой на поверхности ограждения конденсируется влага и имеет место повышенный приток тепла через конструкцию; быстрое увлажнение изоляции и потеря ею теплоизоляционных свойств из-за отсутствия надежной пароизоляции; нарушение структуры изоляции и расслаивание конструкции вследствие попеременного замерзания и оттаивания проникшей в нее влаги; гниение и разрушение грызунами изоляции органического происхождения; конденсация влаги на поверхности конструкции в результате отсутствия необходимой изоляции мостиков тепла.

Повреждение изоляции устанавливают по следующим основным признакам:

появлению на поверхности наружных стен и потолка верхнего этажа мокрых бурых пятен и резкому изменению температуры воздуха в камерах верхнего этажа указывают на неисправ-

ность кровли и пропускание ею влаги в изоляцию покрытия;

на наружной поверхности стены несколько выше уровня междуэтажных перекрытий образуются мокрые пятна и полосы, особенно заметные при высокой влажности наружного воздуха; при простукивании внутренней штукатурки в этих местах она издает своеобразный глухой звук (изоляция здесь разрушена грызунами или вовсе отсутствует);

выпучиванию изоляции на стенах или потолке, что свидетельствует об отслаивании ее от несущей конструкции.

Во избежание преждевременной порчи изоляции необходимо содержать кровлю холодильника в исправном состоянии. До наступления осени осматривают желоба и разжелобки, чистят и красят их битумом, а также производят общий осмотр кровли. С наступлением весны кровлю очищают от снега и обеспечивают нормальный сток воды. Кровлю осматривают также со стороны чердачного помещения. Через каждые 2—3 года производят покраску битумом всей кровли и проверяют состояние теплоизоляции путем взятия проб на влажность и другие показатели.

На холодильнике должен быть установлен систематический контроль за состоянием изоляционных конструкций камер. Перед дезинфекцией камеры необходимо устранить имеющиеся повреждения изоляции и штукатурки.

При обнаружении в стене или перегородке трещины определяют ее размеры и причину появления. Для этого расширяют штукатурку по обе стороны трещины на участке примерно 25×25 см в двух-трех местах по высоте и ставят маяки. Дату установки маяка и результаты наблюдений записывают в журнал. Если трещина шире в верхней части стены или перегородки, то грунт промерзает и пучится под ними. Если трещина шире в нижней части стены — это свидетельствует об осадке фундамента в данном месте.

Для выявления причины образования трещины, продолжающей расширяться и разрушать конструкцию, следует заложить шурф и определить температуру и состояние грунта под фундаментом, глубину заложения и состояние последнего, а также уровень грунтовых вод.

Большие разрушения изоляционных конструкций могут быть вызваны возгоранием органической изоляции, поэтому открытые участки изоляции должны быть защищены от попадания случайной искры. В камерах и коридорах следует применять герметические электровыключатели и устанавливать так, чтобы не было соединения корпуса выключателя через шурпы с металлической сеткой под штукатур-

кой. Органический (горючий) материал в конструкции должен быть покрыт штукатуркой.

Для сохранения изоляции перекрытий и нижнего этажа необходимо содержать в исправном состоянии чистый (асфальтовый или цементный) пол и не допускать разрушения бетонной армированной подготовки. Во избежание порчи полов шины электропогрузчиков, грузовых тележек и других подъемно-транспортных машин должны быть всегда исправными.

Соленую рыбу в бочках рекомендуется хранить только в нижнем этаже, так как железобетонные междуэтажные перекрытия могут быть разрушены рассолом (гузлуком).

Выбоины и вспученные участки пола расчищают и заделывают: в камерах с отрицательными температурами — литым асфальтобетоном, в камерах с нулевой и положительными температурами — жестким асфальтобетоном.

Ремонт изоляции холодильников

Перед ремонтом изоляции камеры предварительно отепляют путем подачи в охлаждающие приборы горячего аммиака или рассола и немедленно удаляют снег и воду, чтобы не было проникновения их в изоляцию перекрытия.

Для предупреждения конденсации влаги поверхности стен прогревают горячим воздухом. Для этого применяют передвижные агрегаты, состоящие из вентилятора с электродвигателем и электронагревателя, установленного в металлическом корпусе с диффузором. При разборке вспученной (отслоившейся) изоляции стен или провисшей изоляции потолка должна быть обеспечена безопасность работающих.

В тех случаях, когда термическое сопротивление существующей изоляции стало недостаточным (вследствие увлажнения изоляционного материала или изменения температурно-влажностного режима помещений), необходимо усилить изоляцию.

Теплоизоляционную конструкцию соответствующей толщины, принимаемую по альбому Гипрохолода № 2500—1 «Типовые детали изоляционных конструкций», усиливают при температуре в помещениях не ниже 5°.

Для усиления теплоизоляции наружных стен используют гидрофобный материал с повышенной паропроницаемостью — жесткую минераловатную плиту на битумной связке. Для усиления теплоизоляции внутренних стен и перегородок — пенопласт ПСВ-С или жесткую минераловатную плиту на битумной связке. При этом теплоизоляционная конструкция из ПСВ-С должна располагаться со стороны помещения с более высокой температурой, а изоляционная конструкция из жесткой минераловатной пли-

ты — со стороны помещения с более низкой температурой. Теплоизоляционную конструкцию усиления монтируют на поверхности стен и перегородок обычно без удаления существующего отделочного штукатурного слоя. Наружную поверхность теплоизоляционной конструкции усиления из пенопласта ПСВ-С перед созданием отделочного слоя покрывают сплошным слоем битумной мастики со стороны помещения с более высокой температурой.

Теплоизоляционные конструкции перекрытий целесообразно усиливать только снизу, так как при выполнении этих работ сверху перекрытия требуется снимать чистый пол или делать дорогостоящую стяжку и пол. Для этих работ лучше всего использовать легкий и прочный теплоизоляционный материал — пенополистирол ПСВ-С. ПСВ-С крепят к потолку деревянными рейками, которые соединяются с железобетонными плитами перекрытия с помощью анкеров. Анкера устанавливают путем пристреливания их дюбелями, строительного монтажным пистолетом или привариванием к арматуре, для чего необходимо в местах установки анкеров зачистить защитный слой бетона. При хорошем качестве работ теплоизоляционную конструкцию на потолке оштукатуривать не требуется. Выполняется только окраска ее поверхности.

Теплоизоляцию совмещенных покрытий холодильников можно усилить путем установки дополнительного слоя теплоизоляции снизу или сверху. В первом случае теплоизоляцию покрытия усиливают так же, как и теплоизоляцию перекрытия. Для усиления теплоизоляции совмещенных кровель сверху следует применять только пенопласт ПСВ-С, так как он обладает незначительным водопоглощением. Перед укладкой теплоизоляционной конструкции необходимо снять рулонный ковер и зачистить армированную бетонную стяжку. Плиты ПСВ-С наклеивают точечным или полосовым способом. По теплоизоляционной конструкции вновь устраивают пароизоляционное покрытие, армированную бетонную стяжку и кровельный гидроизоляционный ковер.

Теплоизоляцию чердачных покрытий холодильников можно усиливать также снизу, как и для бесчердачных покрытий, или сверху со стороны чердачного помещения. В случае усиления теплоизоляции сверху, помимо использования для этих целей пенопласта ПСВ-С, допустимо применение жесткой минераловатной плиты на битумной связке. До укладки теплоизоляции необходимо снять существующий пароизоляционный слой. Плиты теплоизоляции укладываются насухо (без клея). Наружную поверхность последнего слоя плит красят сплошным слоем битума, после чего наклеивают один слой подкладочного рубероида и по-

верхность опять прокрашивают битумом. Сверху устраивают защитную бетонную (керамзитобетонную или шлакобетонную) стяжку, поверхность которой окрашивают битумом так, чтобы получить сплошное пароизоляционное покрытие толщиной 3 мм. Сверху насыпают защитный слой сухого песка и укладывают ходовые доски.

В бесчердачных покрытиях после выполнения армированной бетонной стяжки наклеивают мягкую кровлю, начиная с желоба для отвода воды. Железобетонное основание желоба очищают от пыли и грязи и закрашивают битумом. На желоб наклеивают пропитанную битумом ткань, а затем изоляционный ковер. Затем наклеивают кровельный ковер на весь участок крыши с усиленной изоляцией.

Для предохранения вновь укладываемой изоляции от увлажнения крышу ремонтируют в сухую погоду и в короткий срок. При выполнении работ в дождливую погоду используют навесы переносного типа.

Для защиты мягкой кровли от механических повреждений и уменьшения солнечной радиации на ее поверхность укладывают защитные бетонные или асбестоцементные плитки. Для защиты покрытий холодильников от солнечной радиации целесообразно использовать фольгоизол путем наклеивания его непосредственно на мягкую кровлю из битуминизированных рулонных материалов.

Другими способами защиты мягкой кровли от механических повреждений и солнечной радиации является покрытие ее гравием, втопленным в битумную мастику, и установка солнцезащитных экранов.

Замена изоляционных конструкций

Замена теплоизоляционных конструкций осуществляется на основе утвержденного проекта. При выполнении паро- и теплоизоляционных работ необходимо руководствоваться альбомом Гипрохолода № 2500-1 «Типовые детали изоляционных конструкций» и инструктивными материалами ВНИИХ «Производство изоляционных работ при сооружении ограждений холодильников с применением пенополистирола».

Предпочтительно заменять увлажненные или разрушенные теплоизоляционные конструкции пенополистиролом ПСВ-С или жесткими минераловатными плитами на битумной связке М250. Отделочный слой целесообразно выполнять сухим способом — асбестоцементными листами.

В случае замены теплоизоляционных конструкций заново должна выполняться пароизоляционная защита. Следует обращать осо-

бое внимание на качество пароизоляционных покрытий. При восстановлении пароизоляционных покрытий поверхность стены чистят скребками или металлическими щетками, протирают керосином или соляровым маслом, а затем окрашивают битумом или битумной мастикой. На обработанную таким образом поверхность наклеивают рулонную пароизоляцию или наносят механизированным путем покрытие толщиной 2,5—3 мм из горячей битумной мастики, или напыляют на поверхность битумную либо другую пароизоляционную мастику. Перед нанесением пароизоляции поврежденные места на поверхности стен выравнивают цементным раствором и тщательно сушат. Одновременно готовят и устанавливают закладные детали (пробки, анкерные болты, усики) для крепления теплоизоляции. В зимнее время помещения, в которых ведут работы, отапливают, а изолирующую поверхность стен или железобетонных плит прогревают до температуры 5° С. При отсутствии возможности сушки стен сначала наносят слой водно-битумной эмульсии 50% концентрации, а затем по окончании формирования слоя из эмульсии — горячий битум. Температура битума и битумных мастик в момент их применения должна быть не ниже 160° С летом и 200° С — зимой. Пароизоляционный слой должен соответствовать проекту и не иметь пропусков, отслоений, воздушных пузырей, механических повреждений, сползаний, негерметичных стыков и др.

К теплоизоляционным работам разрешается приступать только после окончания пароизоляции и ее приемки.

ОБОГРЕВ ГРУНТА ПОД ХОЛОДИЛЬНИКАМИ

Выбор системы обогрева

Здания многоэтажных холодильников наиболее целесообразно защищать от морозного пучения грунта путем размещения на первом этаже камер с нулевыми и положительными температурами или путем устройства «теплого» подвального этажа.

Одноэтажные холодильники, сооружаемые, как правило, без подвалов и имеющие малонагруженные фундаменты, подвержены повреждениям даже при промерзании грунта, не достигающем до подошвы фундамента; для них применяют в основном обогрев поверхностных слоев грунта методами, описываемыми ниже.

Система обогрева грунта жидкостью — наиболее экономичная из всех систем обогрева вследствие малых эксплуатационных затрат. Для подогрева жидкости можно использовать горячие пары холодильного агента, нагнетае-

мые компрессором в конденсатор. Электроэнергия на привод насоса требуется значительно меньше, чем на электрообогрев грунта, и меньше, чем на привод вентилятора при воздушном обогреве. Система удобна с точки зрения организации наблюдения и контроля за ее работой персоналом компрессорного цеха. Значительную потребность в стальных бесшовных трубах (около 1 м труб на 1 м² обогреваемого пола) можно избежать путем применения пластмассовых и других труб. Обогрев теплоемкой жидкостью целесообразен во всех климатических зонах; наиболее экономичен он в южной зоне. В качестве жидкости применяется смазочное масло, этиленгликоль и др.

Система электрического обогрева грунта требует наименьших капитальных затрат по сравнению с остальными обогреваемыми полами. Система универсальна, она наиболее целесообразна в северной климатической зоне. Эксплуатационные затраты на электрообогрев примерно одинаковы во всех зонах. К недостаткам системы следует отнести сложность контроля и ремонта электронагревателей. Подробнее об электрообогреве грунтов см. главу VI.

При сооружении холодильника на сваях, заглубляемых значительно ниже уровня сезонного промерзания грунта, целесообразно устраивать подполье.

Вентилируемое подполье может быть проходным или полупроходным (высота от 1 до 1,8 м), полностью открытым или иметь наружные стены с открывающимися и закрывающимися проемами. Открытое подполье является надежным и простым в обслуживании в южной климатической зоне и в южной части средней зоны. В северной части средней климатической зоны предпочтительней устраивать закрытое подполье с тем, чтобы с наступлением зимы проемы, сообщающие подполье с наружным воздухом, можно было закрыть во избежание значительного промерзания грунта (при больших размерах здания) и заноса подполья снегом.

Обогрев жидкостью

Принципиальная схема обогрева и конструкция пола показаны на рис. III-10. Наиболее рациональной является схема с применением короткошланговых многотрубных батарей (рис. III-11, а). При этом трубопроводы располагают поперек здания и пропускают через наружные стены, объединяя в батареи по принципу равных сопротивлений движению жидкости. Преимущества этой схемы — отсутствие криволинейных участков, возможность механической очистки и ремонта батарей (замена трубы) без вскрытия конструкции пола, большая

равномерность обогрева. Для чистки труб на отводе каждой из них ставят отрезок трубы небольшого диаметра с пробковой заглушкой.

В тех случаях, когда низкотемпературные камеры занимают только часть ширины холодильника, применяют систему, состоящую из длинношланговых однотрубных батарей, объединенных магистральными трубопроводами (рис. III-11, б). В этой системе ремонт труб без вскрытия конструкции пола невозможен.

Для осмотра и ремонта магистральные трубопроводы целесообразно прокладывать в каналах, расположенных по внешнему периметру наружных стен (под платформами). Кроме того, такое расположение трубопроводов обеспечивает дополнительный обогрев грунта у наружных стен и фундаментов пристенных колонн и предотвращает его промерзание в зимнее время; на ответвлениях батарей от прямого и обратного магистральных трубопроводов устанавливают вентили.

При монтаже системы предусматривают уклон трубопроводов (не менее 0,02) для слива жидкости из системы самотеком в специальный сборник. Для выравнивания температуры обогреваемой плиты снизу под трубопроводы до их бетонирования укладывают и закрепляют металлическую сетку из проволоки диаметром 5 мм с ячейками 100—150 мм.

Тепловое сопротивление одной трубы R (в м²·К/Вт), сделанной в бетон, определяют по формуле

$$R = \frac{1}{2\pi\lambda} \cdot \ln \left[\frac{2}{\pi} \cdot \frac{s}{d} \operatorname{Sh} \left(2\pi \frac{h}{s} \right) \right], \quad (\text{III-30})$$

где λ — коэффициент теплопроводности бетона, в котором заложены трубы, Вт/(м·К);

s — расстояние между осями труб, м;

d — диаметр труб, м;

h — глубина заложения труб, м.

Тепловое сопротивление изоляционной конструкции пола, расположенной над нагревательной плитой, тепловое сопротивление у поверхности пола заменяют эквивалентной толщиной слоя массива, h (в м), определяемой по уравнению

$$h_{\text{экв}} = \frac{\lambda}{k_k}, \quad (\text{III-31})$$

где k_k — коэффициент теплопередачи изоляционной конструкции пола, учитывающий и величину коэффициента теплоотдачи у его поверхности. Вт/(м²·°К).

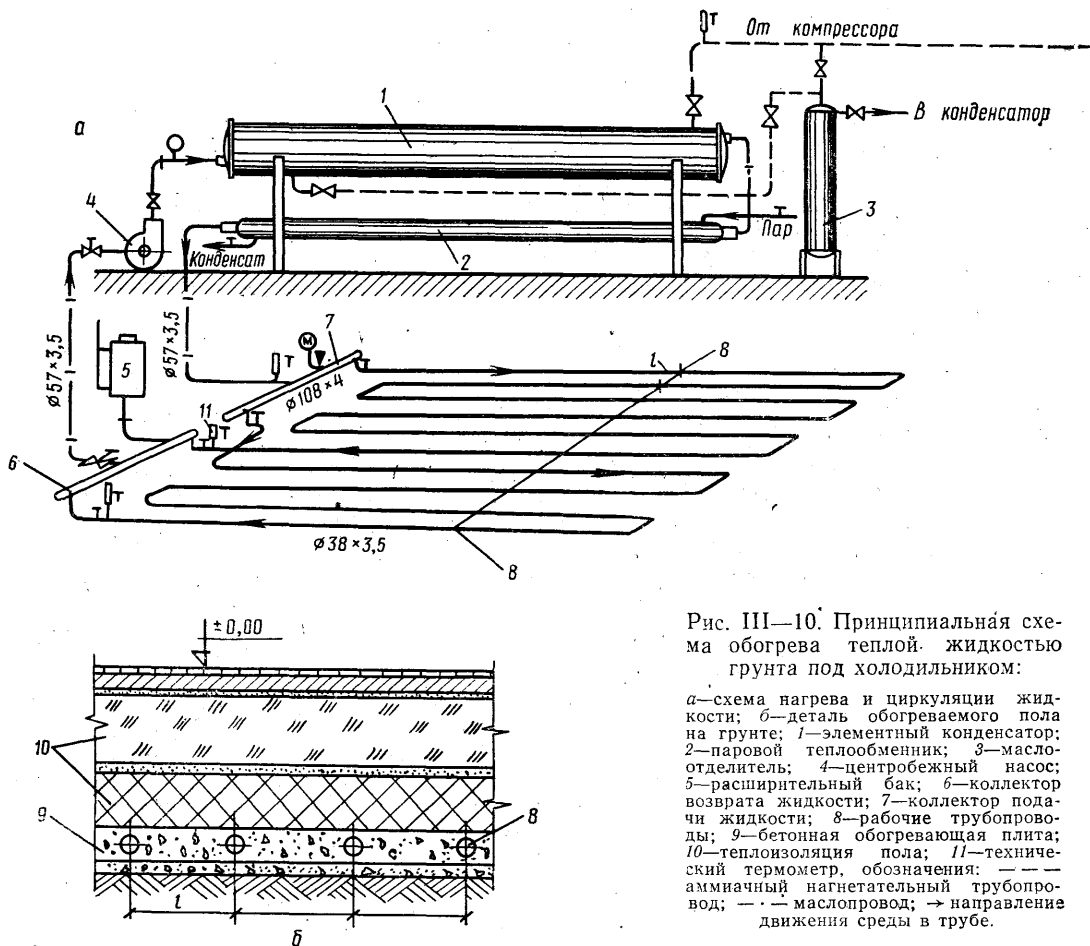


Рис. III—10. Принципиальная схема обогрева теплой жидкостью грунта под холодильником:

а—схема нагрева и циркуляции жидкости; б—деталь обогреваемого пола на грунте; 1—элементный конденсатор; 2—паровой теплообменник; 3—маслоотделитель; 4—центробежный насос; 5—расширительный бак; 6—коллектор возврата жидкости; 7—коллектор подачи жидкости; 8—рабочие трубопроводы; 9—бетонная обогревающая плита; 10—теплоизоляция пола; 11—технический термометр, обозначения: — — аммиачный нагнетательный трубопровод; — — маслопровод; → направление движения среды в трубе.

Эффективная глубина заложения нагревательных труб составит

$$h_{\text{эф}} = h + h_{\text{экв}}. \quad (\text{III-32})$$

Коэффициент теплопередачи конструкции пола над нагревательной плитой принимают по табл. III-17 в зависимости от температуры воздуха в камере.

Теплопередачу 1 м^2 нагревательной плиты в камеру и грунт q_k и $q_{\text{гр}}$ (в Вт/м^2) определяют по формулам

$$q_k = \frac{t_{\text{ср}} - t_k}{R_k}, \quad (\text{III-33})$$

$$q_{\text{гр}} = \frac{t_{\text{ср}} - t_{\text{гр}}}{R_{\text{гр}}}; \quad (\text{III-34})$$

где R_k и $R_{\text{гр}}$ — сопротивления теплопередаче в камеры и в грунт от нагревательной плиты;

t_k ; $t_{\text{гр}}$ — расчетные температуры воздуха в камерах и грунте, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{ср}}$ — средняя расчетная температура плиты с нагревательными трубами, $^{\circ}\text{C}$.

Среднюю температуру нагревательной плиты на уровне 3°C следует поддерживать автоматически с помощью установленного в ней датчика температуры. В этом случае теплопередачу на 1 м^2 нагревательной плиты, равную количеству тепла q_0 [в Вт/м^2], определяют по формуле

$$q_0 = q_k + q_{\text{гр}}. \quad (\text{III-35})$$

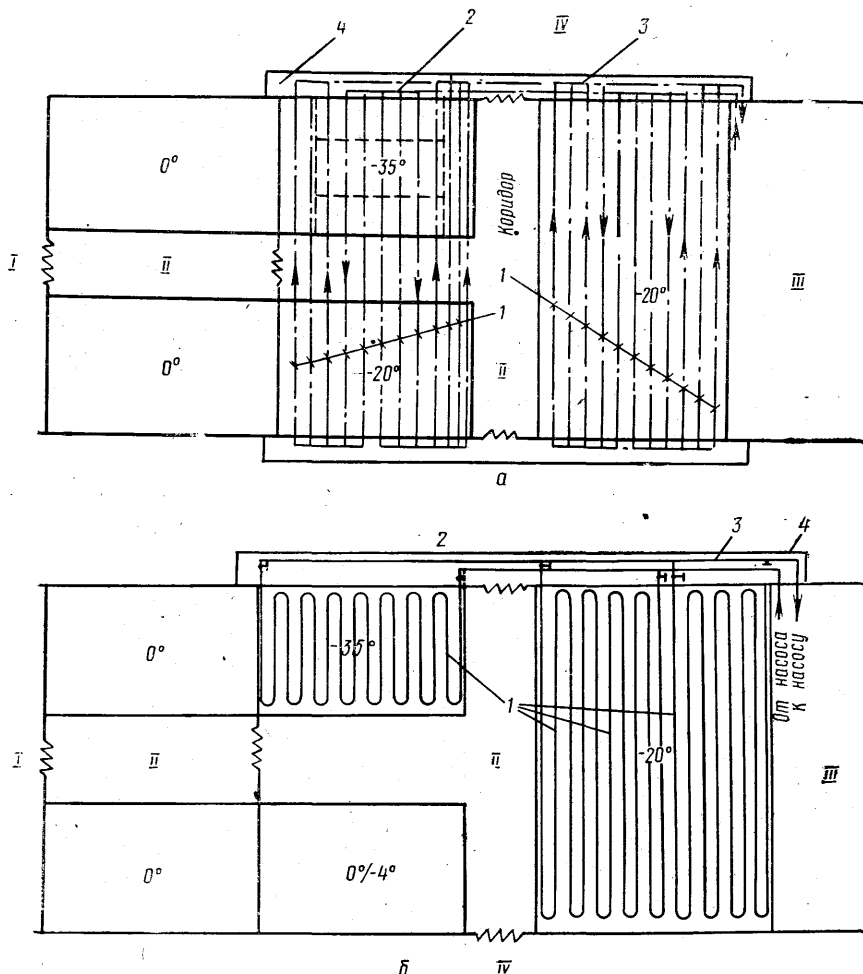


Рис. III—11. Схема расположения батарей для обогрева грунта:

а—короткошланговые батареи; *б*—длинношланговые батареи; 1—рабочие трубопроводы; 2—распределительный трубопровод; 3—обратный трубопровод (возврат); 4—канал для укладки магистральных трубопроводов, I—производственный корпус; II—коридор; III—компрессорный цех; IV—платформа.

Для некоторых исходных значений q_0 можно принимать по данным табл. III-17. Часовой расход тепла для обогрева грунта на данном участке пола составит

$$Q_0 = q_0 F, \quad (\text{III-36})$$

где F — площадь участка, м².

Потребный расход жидкости, циркулирующей в системе G (в кг/с) определяют по формулам

$$G = 1,3 \frac{Q_0}{\Delta t_{\text{ж}} c_{\text{ж}}} \quad (\text{III-37})$$

$$V = \frac{G}{\rho}, \quad (\text{III-38})$$

где $\Delta t_{\text{ж}}$ — перепад температур жидкости, °C ($\Delta t_{\text{ж}} = 4-5^\circ \text{C}$);

$c_{\text{ж}}$ — теплоемкость жидкости, Дж/(кг × °C);

ρ — плотность жидкости, кг/м³;

1,3 — коэффициент, учитывающий потери тепла магистральными трубопроводами и оборудованием, расположенным вне охлаждаемого контура;

V — объемный расход жидкости, циркулирующей в системе, м³/с.

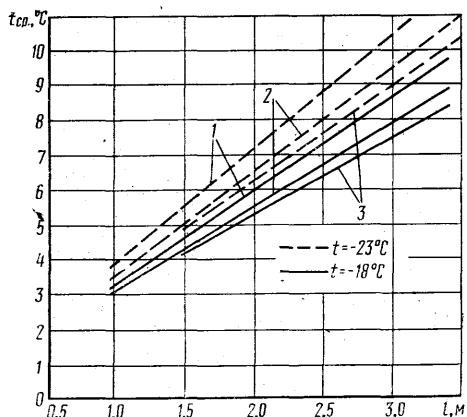


Рис. III—12. График зависимости расстояния между нагревательными трубами от температуры жидкости на выходе из них для труб:

1— \varnothing 31 мм; 2— \varnothing 38 мм; 3— \varnothing 76 мм.

Таблица III—17

Расчетные данные по расходу тепла q_0 для различных значений t_k , k_k при $k_{rp}=0,6$ и $t_{ср}=3^\circ\text{C}$

Температура воздуха в камере, $^\circ\text{C}$	Коэффициент теплопередачи конструкции пола, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$	Средний удельный тепловой поток от нагревательной плиты \dot{q} (в $\text{Вт}/\text{м}^2$) по климатическим зонам		
		северной	средней	южной
—4	0,41	4,1	2,6	—0,8
—10	0,29	5,0	3,5	0,1
—18÷—23	0,23	6,5	5,0	1,7
—30÷—40	0,17	7,8	6,3	3,0

Расход жидкости через одну трубу находят делением объемного расхода жидкости на количество труб. Задавшись скоростью движения жидкости (0,5 м/с), рассчитывают диаметр труб.

В камерах с температурой $-18\div-23^\circ\text{C}$ целесообразно применять трубы диаметром 38—57 мм при расстоянии между их осями 0,8—1,2 м. По диаметру труб и расстоянию между ними определяют температуру жидкости на выходе из батарей $t_{\text{кон}}$, требуемую для получения средней температуры нагревательной плиты ($1-3^\circ\text{C}$) при $k_k=0,3$ и $k_{rp}=0,6$ (рис. III-12).

Прибавляя заданную разность температур жидкости к найденной ее температуре на выходе, определяют начальную температуру жидкости $t_{\text{нач}}$. Для проверки принятого перепада температур жидкости используют $t_{\text{кон}}$, которую наносят по $t_{\text{нач}}$ из формулы (III-51).

По значениям Q_0 , G и V рассчитывают и подбирают необходимое оборудование для системы обогрева (теплообменник, насос, двигатель, сборник жидкости, расширительный бак).

За расчетную температуру грунта принимают его среднюю температуру за 2 месяца с наиболее низкой температурой на глубине 3,2 м, которая составляет для северной климатической зоны $1,3^\circ\text{C}$, средней $3,5^\circ\text{C}$, южной $8,3^\circ\text{C}$.

Вентилируемое подполье

Открытое подполье характеризуется тем, что воздух в нем движется под действием напора ветра. Поэтому при проектировании, выборе площадки и размещении на ней здания холодильника необходимо учитывать направление и скорость господствующих ветров в пункте строительства.

Для южной климатической зоны теплотехнический расчет открытого подполья сводится к следующему:

1. По климатологическому справочнику находят среднегодовую температуру наружного воздуха и почвы (грунта) на глубине 3,2 м от поверхности земли в период наибольшего ее охлаждения (среднюю за 2 месяца с самой низкой температурой на этой глубине), направление господствующих ветров и среднюю скорость ветра.

2. По планировке 1-го этажа холодильника отмечают зону расположения низкотемпературных камер по всей ширине холодильника и принимают ее в качестве расчетной.

3. Выделяют в пределах расчетной зоны (в ее средней части) расчетный участок, равный по ширине шагу колонн (опор), а по длине — ширине холодильника (рис. III-13).

4. Устанавливают расчетные значения: коэффициентов теплопередачи конструкции перекрытия над подпольем k_n [в $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$], грунта на толщину деятельного слоя k_{rp} [в $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$]; температур воздуха в камере t_k (в $^\circ\text{C}$) и в подполье t_n (в $^\circ\text{C}$) в пределах расчетного участка; размеры последнего по длине и ширине.

5. Определяют количество тепла Q (в Вт): в камеры через конструкцию пола

$$Q_n = k_n F (t_n - t_k), \quad (\text{III-39})$$

в грунт

$$Q_{rp} = k_{rp} F (t_n - t_{rp}), \quad (\text{III-40})$$

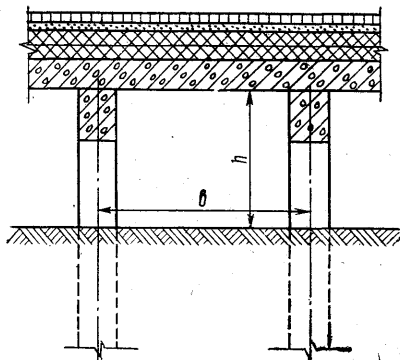


Рис. III—13. Схема к определению сечения расчетного участка подполья.

суммарное количество тепла, передающегося от воздуха, циркулирующего в подполье Q_s ,

$$Q_s = Q_n + Q_{гр}. \quad (\text{III-41})$$

6. Определяют массовый секундный расход воздуха G (в кг/с) через расчетный участок подполья для компенсации суммарной передачи тепла в камеры и грунт по формуле

$$G = \frac{Q_s}{c(t_{нач} - t_{кон})}, \quad (\text{III-42})$$

где c — теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К).

Конечную температуру воздуха (по выходе из подполья) принимают на 4—6°С ниже его начальной температуры (при входе в подполье); последнюю принимают равной среднегодовой температуре наружного воздуха. При определении Q_n и $Q_{гр}$ температуру воздуха в подполье t_n (в °С) находят как среднюю между начальной и конечной температурами

$$t_n = \frac{t_{нач} + t_{кон}}{2}. \quad (\text{III-43})$$

7. Находят скорость движения воздуха v (в м/с) в подполье по формуле

$$v = \frac{G}{bh\rho}, \quad (\text{III-44})$$

где b — ширина расчетного участка, м;

h — расчетная высота подполья (см. рис. III-13), м;

ρ — плотность воздуха, кг/м³.

8. Определяют эквивалентный диаметр (по сечению расчетного участка подполья) $d_{экв}$ (в м)

$$d_{экв} = \frac{2bh}{b+h}. \quad (\text{III-45})$$

9. Определяют сопротивление трения R (в Па/м) на 1 м длины расчетного участка по формуле

$$R = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \quad (\text{III-46})$$

а потерю давления в местных сопротивлениях (на входе воздуха в подполье, выходе из него, при обтекании опор и балок в подполье, прохождении через металлическую сетку, ограждающую подполье) по уравнению

$$Z = \sum \xi \frac{\rho v^2}{2}. \quad (\text{III-47})$$

Общая потеря давления на расчетном участке H_o (в Па) составит

$$H_o = \sum (Rl + Z). \quad (\text{III-48})$$

10. Находят по величине угла α между направлением господствующих ветров и продольной осью здания аэродинамический коэффициент k_a с наветренной стороны (при входе в подполье) по формуле

$$k_a = k_{90} + (k_0 - k_{90}) \cos^2 \alpha \quad (\text{III-49})$$

и с подветренной стороны k_b согласно данным расчетной температуры грунта.

11. Определяют располагаемый ветровой напор с учетом коэффициента защищенности $k_{защ}$ входа и выхода из подполья другими сооружениями по формуле

$$\Delta P_i = (k_a - k_b) \cdot \frac{\rho v^2}{2} \cdot k_{защ}. \quad (\text{III-50})$$

Коэффициент $k_{защ}$ зависит от размеров стоящего впереди здания и направления ветра. При $\alpha = 1,5708$ рад (90°) среднее значение его можно принять равным 0,5.

12. Проверяют действительное охлаждение воздуха при прохождении через подполье путем определения его конечной температуры (на выходе из подполья) по формуле

$$t_{кон} = \left(t_{нач} - \frac{A}{k_n + k_{гр}} \right) e^{\frac{-(k_n + k_{гр}) \pi d l}{W_B}} + \frac{A}{k_n + k_{гр}}, \quad (\text{III-51})$$

где $t_{нач}$, $t_{кон}$ — соответственно начальная и конечная температура воздуха в подполье, °С;

$$A = k_n t_k + k_{гр} t_{гр};$$

$$W_B = f v c_o;$$

d — эквивалентный диаметр сечения расчетного участка подполья, м;

l — длина расчетного участка, м;
 f — площадь сечения расчетного участка, м²;
 v — скорость движения воздуха в подполье, м/с;
 c_0 — объемная теплоемкость воздуха, Дж/(м³·К).

13. Производят проверку на отсутствие конденсации влаги на поверхности перекрытия со стороны подполья.

Для этого:

а) определяют температуру поверхности перекрытия по формуле

$$t_{\text{пер}} = t_{\text{п}} - \frac{(t_{\text{п}} - t_{\text{к}}) k_{\text{п}}}{\alpha}, \quad (\text{III-52})$$

где α — коэффициент теплоотдачи от воздуха к перекрытию, Вт/(м²·К);

б) находят точку росы поступающего в подполье наружного воздуха и сравнивают ее с найденной температурой поверхности перекрытия со стороны подполья; если последняя окажется равной точке росы наружного воздуха или ниже, то проверяют коэффициент теплопередачи перекрытия над подпольем k [в Вт/(м²·К)] из условия недопущения конденсации влаги по формуле

$$k = 0,95 a_{\text{н}} \cdot \frac{t_{\text{пер}} - t_{\text{р}}}{t_{\text{п}} - t_{\text{к}}}, \quad (\text{III-53})$$

где $t_{\text{р}}$ — температура точки росы наружного воздуха, °С.

Аэродинамические коэффициенты k для здания с двускатной крышей на уровне земли: с наветренной стороны $k_{\text{а}}=0,375$ при угле между направлением ветра и продольной осью здания 1,5708 рад (90°) и 0,605 при угле 0,7 рад (45°); с подветренной стороны — $k_{\text{б}}=0,225$ при угле 1,5708 рад (90°).

Если полученный по формуле (III-53) коэффициент окажется меньше принятого по проекту, то предусматривают соответствующее увеличение толщины изоляции перекрытия над подпольем.

Воздушно-электрический обогрев

Воздушно-электрическая система обогрева грунта представляет собой сочетание двух способов его обогрева — воздухом и электричеством. Такую систему применяют в случаях, когда существующая система воздушного обогрева не обеспечивает талое состояние грунта

вследствие потери теплозащитных свойств конструкцией пола из-за сильного увлажнения ее теплозащитного слоя или понижения температуры воздуха в камерах по сравнению с проектной. Возможны две разновидности воздушно-электрического обогрева грунта. В случае необходимости замены увлажненной тепловой изоляции пола целесообразно после ее удаления укладывать электронагревательные ершжи по плите, перекрывающей каналы или подполье, заделывать их в слой бетона (после соединения в электрическую цепь) и подключать к трансформатору, понижающему напряжение. Сверху на нагревательную плиту наносят паро- и гидроизоляционный слой и укладывают тепловую изоляцию из плитных материалов.

В случае удовлетворительного состояния существующей тепловой изоляции пола более целесообразным является установка электрических нагревателей в самих каналах или подполье (без полного вскрытия конструкций пола).

В начальный период нагреватели служат для оттайки каналов или подполья (освобождения их от инея и льда) и промерзшего под ними грунта. После этого их оставляют в каналах для обогрева грунта зимой, когда подача наружного воздуха в каналы или подполье прекращается, а система воздушного обогрева грунта работает только на рециркуляцию. Летом в каналы или подполье подается наружный воздух, электрические нагреватели выключаются, что дает возможность экономить электроэнергию.

Сведения об устройстве электрообогрева и электронагревателях приведены в гл. VI.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Голянд М. М. Расчеты и испытания тепловой изоляции. М., Гостоптехиздат, 1961. 314 с.
 Душин И. Ф. Современные системы обогрева грунта под холодильниками. М., ЦНИИЭИ, 1965. 92 с.
 Курылев Е. С., Герасимов Н. А. Холодильные установки. Л. Машиностроение, 1979. 672 с.
 Кудряшов Н. Т., Лифанов Б. В. Эффективная изоляция холодильных трубопроводов. — «Холодильная техника», 1973, № 2, с. 34—37.
 Кудряшов Н. Т. Производство изоляционных работ при сооружении ограждений холодильников с применением пенополистирола. М., ВНИИХИ, 1968. 47 с.
 Кудряшов Н. Т., Хелемский А. М. Пароизоляция теплоизоляционных конструкций ограждающих конструкций. М., Стройиздат, 1974. 128 с.

дений холодильников. М., ЦИНТИмясомолпром, 1969. 42 с.

Лифанов Б. В. Обогрев грунта под холодильниками. М., ЦНИИТЭИмясомолпрома СССР, 1974. 42 с.

Лифанов Б. В. Теплоизоляционные конструкции ограждений действующих холодильников. М., ЦНИИТЭИмясомолпрома СССР, 1976. 36 с.

Лифанов Б. В., Хелемский А. М. Изоляционные материалы и конструкции холодильников. М., ЦНИИТЭИмясомолпрома СССР, 1971. 46 с.

Матюхин А. Н. Теплоизоляционные работы М., «Высшая школа», 1971. 300 с.

Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. М., «Энергия», 1973. 320 с.

Пирог П. И. Теплоизоляция холодильников. М., «Пищевая промышленность», 1966. 268 с.

Проектирование холодильников. М., «Пищевая промышленность», 1972. 310 с. Авт.: Ю. С. Крылов, П. И. Пирог, В. В. Васютович, А. В. Карпов, А. И. Дементьев.

Ретгер Э. И. Аэродинамическая характеристика промышленных зданий. Изд. Академии строительства и архитектуры СССР. Уральский филиал. Челябинск, 1959. 204 с.

Тепловая изоляция. Справочник по специальным работам под редакцией Г. Ф. Кузнецова. М., Госстройиздат, 1973. 430 с.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИЯМ
ЗДАНИЙ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Строительные конструкции зданий холодильников должны обеспечивать постоянство заданного температурно-влажностного режима в камерах, отвечать технологическим и санитарным требованиям и обеспечивать зданию необходимую долговечность и огнестойкость.

Проектирование строительных конструкций холодильников осуществляется в соответствии с главой СНиП II-105—74 «Холодильники» и другими нормами и техническими условиями по строительству, указанными в «Перечне общесоюзных нормативных документов по строительству» Госстроя СССР.

Степень огнестойкости зданий холодильников должна быть не ниже: II — для зданий холодильников емкостью 700 т и более; III — свыше 250 до 700 т; V — до 250 т. Основные конструкции зданий холодильников II степени огнестойкости должны быть несгораемыми. Помещения машинных и аппаратных отделений аммиачных холодильных установок, располагаемые на первом этаже холодильников, должны быть отделены от других помещений несгораемыми стенами с пределом огнестойкости 0,75 ч. Производственные и вспомогательные здания и помещения должны отделяться от зданий холодильников III—V степени огнестойкости противопожарными стенами, а от зданий и помещений холодильников I и II степени огнестойкости — несгораемыми стенами и перегородками с пределом огнестойкости 0,75 ч.

ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ

При строительстве холодильников наиболее широкое применение находят цементные бетоны, используемые для изготовления сборных и монолитных железобетонных и бетонных конструкций — фундаментов, многоэтажных и одноэтажных каркасов зданий, стеновых многослойных панелей, подстилающих слоев и покрытий полов, армобетонных стяжек, подготовок под фундаменты и др.

Марки тяжелого бетона подбирают по расчету, но не ниже 200 для железобетонных кон-

струкций и не ниже 100 — для бетонных. В необходимых случаях марки бетона подбирают по морозостойкости и водонепроницаемости. Для приготовления цементного бетона в качестве вяжущего материала применяется, как правило, портландцемент. При этом шлакопортландцементы пригодны только для приготовления бетона, предназначенного для несущих конструкций. Сульфатостойкий портландцемент разрешается использовать для приготовления бетона, который идет на изготовление фундаментов, омываемых агрессивными грунтовыми водами.

Из легких бетонов на пористых заполнителях наиболее часто используют керамзитобетон. Применяют также шунгизитобетон и шлакобетон (на вулканических шлаках). При плотности в высушенном состоянии 500 кг/м^3 и менее легкие бетоны используют в качестве теплоизоляционного материала, при плотности $500—1400 \text{ кг/м}^3$ — в качестве конструктивно-теплоизоляционного материала для ограждающих конструкций (в основном стеновых панелей).

Ячеистые бетоны — газобетон и пенобетон плотностью 500 кг/м^3 и менее — применяют в качестве теплоизоляционных материалов. На холодильниках допускается использование ячеистых бетонов, получаемых только с применением портландцемента.

Для армирования несущих железобетонных конструкций холодильников применяют все виды арматуры, предусмотренные СНиП II-21—75, за исключением арматуры класса А II В марки Ст. 5 и класса А III В марки 35ГС (в низкотемпературных холодильниках).

Для изготовления несущих конструкций, главным образом строительных ферм, реже колонн, технологических площадок и лестниц, облицовок панелей используют стальной прокат. При строительстве холодильников применяют сталь углеродистую обыкновенного качества по ГОСТ 380—71* группы «В» марки ВСт. 3.

Для изготовления строительных конструкций холодильников применяют алюминий, из листов которого в сочетании с эффективной теплоизоляцией изготавливают стеновые панели.

Для возведения наружных и внутренних стен холодильников и перегородок может применяться кирпич глиняный обыкновенный пластического прессования марки не ниже 100 по

ГОСТ 530—71. В зонах нормальных и сухих (глава СНиП II-A.7—71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования») допускается выполнять стены холодильников из силикатного кирпича марки 150 по ГОСТ 379—69 или природных камней марки не ниже 75. В зависимости от емкости холодильника кирпич и природные камни, используемые для их строительства, должны иметь морозостойкость: Мрз 25 — для холодильников емкостью свыше 250 т и Мрз 15 — для холодильников емкостью 250 т и ниже. Для районов побережий Ледовитого и Тихого океанов на ширину 100 км требования по морозостойкости повышаются на одну ступень, а в Северной строительно-климатической зоне — на две ступени.

Для защиты строительных конструкций холодильников от увлажнения атмосферной и грунтовой влагой применяют различные гидроизоляционные материалы: рубероид марок РЧ-350 и РМ-350 (ГОСТ 10923—76), пергамин марки П-350 (ГОСТ 2697—75), гидроизол марок ГИ-1 и ГИ-2 (ГОСТ 7415—74), изол (ГОСТ 10296—71), а также различные нефтебитумные мастики.

Более подробно гидро-, паро- и теплоизоляционные материалы рассматриваются в главе III.

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ ЗДАНИЙ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Основания и фундаменты холодильников проектируют по данным полевых инженерно-геологических изысканий и лабораторных исследований грунтов. При исследовании физических свойств грунтов особое внимание уделяют их мерзлотному пучению, вызывающему промерзание грунтов в основании фундаментов холодильника. Расчетную глубину промерзания под зданиями холодильников с отрицательными температурами принимают равной $\frac{1}{3}$ ширины здания охлаждаемого склада при ширине 30 м или 10 м — при ширине более 30 м.

При защите грунта от промерзания путем обогрева принимают глубину заложения фундаментов от поверхности планировки: для наружных стен и колонн — как для неотапливаемых зданий; для внутренних стен и колонн — независимо от расчетной глубины промерзания грунтов при условии, что грунты основания в период строительства защищены от увлажнения и промерзания.

При устройстве проветриваемого подполья под холодильником с отрицательными температурами воздуха в камерах глубину сезонного промерзания грунта определяют теплотехническим расчетом. Для районов, в которых

нормативная глубина промерзания не превышает 2,5 м, расчетную глубину промерзания H (в м) определяют по формуле

$$H = m_t H^n, \quad (IV-1)$$

где H^n — нормативная глубина промерзания, м (определяют по СНиП II-15—74 п II-A.6—72);

m_t — коэффициент, учитывающий влияние теплового режима здания на глубину промерзания грунта у фундаментов стен и колонн.

Рекомендуется принимать: $m_t=1,2$ (при температуре внутреннего воздуха в камерах $t_b \leq -20^\circ\text{C}$) $m_t=1,1$ (при $t_b \leq -10^\circ\text{C}$), $m_t=1$ (при $t_b = -10^\circ\text{C}$). В зависимости от гидрогеологических условий, конструктивной схемы здания и нагрузок на фундаменты применяют естественные и искусственные основания.

Фундаменты на естественном основании. Естественные основания холодильников рассчитывают согласно главе СНиП II-15—74: по деформациям, если основание образовано нескальными грунтами; по несущей способности — скальными грунтами. Расчет оснований по деформациям производят по основному сочетанию нагрузок (без снижения нормативных полезных нагрузок по этажам); при этом среднее давление на основание под подошвой фундамента не должно превышать расчетного давления на основание.

Расчет основания одноэтажных и многоэтажных холодильников может производиться по расчетным давлениям без проверки осадок в том случае, если естественным основанием служат крупнообломочные грунты, пески любой крупности (кроме пылеватых), плотные и средней плотности, а также супеси, суглинки и глины при консистенции $I < 0,5$ и коэффициенте пористости $e = 0,4 \div 0,9$.

Если в основании фундаментов холодильников залегают сильно сжимаемые грунты (пески пылеватые, супеси, суглинки и глины) при консистенции $I \geq 0,5$, а также при нагрузках на полы перекрытий многоэтажных холодильников более 20 кПа (2000 кгс/м²), расчет по деформациям обязателен. Деформации оснований отдельно стоящих фундаментов определяют, как правило, по расчетной схеме основания в виде линейно-деформируемого полупространства с условным ограничением глубины сжимаемой толщи основания, исходя из соотношения величин дополнительного давления от фундамента P_{0z}' и природного давления на той же глубине P_{0z} . Расчет деформаций оснований фундаментных плит при модуле деформации грунтов $E \geq 10$ МПа выполняется по расчетной схеме основания в виде линейно-деформируемого слоя конечной толщины.

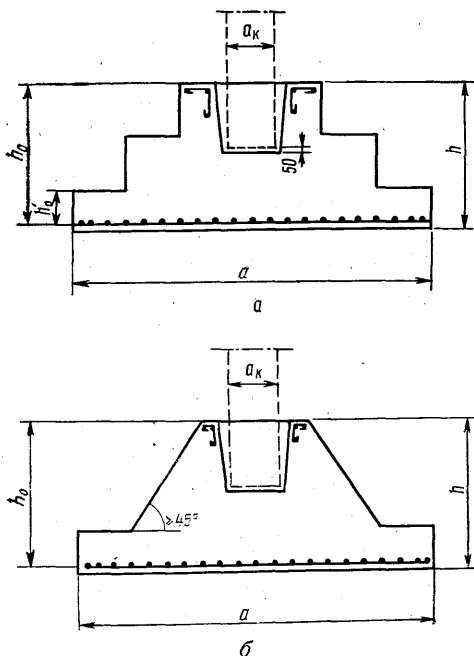


Рис. IV—1. Железобетонные отдельностоящие фундаменты (башмаки) под сборные колонны:
а—ступенчатый; б—пирамидальный.

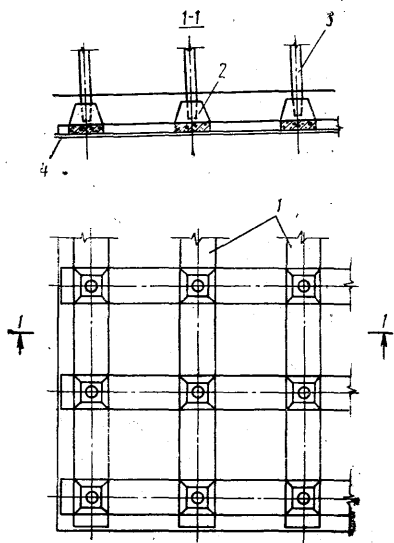


Рис. IV—2. Фундамент из железобетонных перекрестных лент:

1—железобетонная лента; 2—подколонник; 3—железобетонная сборная колонна; 4—бетонная подготовка.

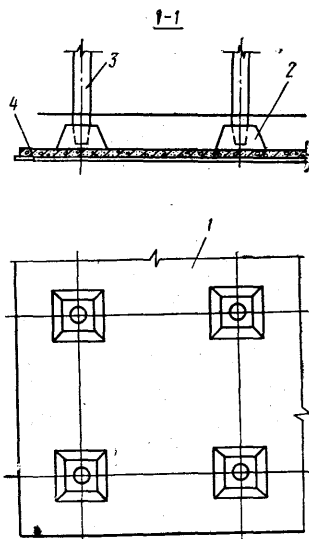


Рис. IV—3. Железобетонная безбалочная фундаментная плита:

1—железобетонная плита; 2—подколонник; 3—железобетонная сборная колонна; 4—бетонная подготовка.

Определив несущую способность основания, выбирают тип фундаментов и рассчитывают площадь подошвы фундаментов. В зависимости от несущей способности основания, нагрузок на фундаменты и других факторов (сейсмичность района строительства, просадочные или вечномёрзлые грунты, резко выраженная неоднородность грунтов и т. п.) проектируют следующие виды железобетонных фундаментов: отдельно стоящие (рис. IV-1), из перекрестных лент (рис. IV-2), безбалочные плиты (рис. IV-3). Все виды фундаментов выполняют из монолитного бетона марки 200; фундаменты одноэтажных зданий при их большой повторяемости и относительно небольших размерах могут быть сборными. Для установки сборных колонн фундаменты имеют стаканы, глубина которых в целях обеспечения жесткой заделки колонны должна быть не менее большего размера поперечного сечения колонны (+5 см) и не менее 20 диаметров продольной рабочей арматуры колонны.

Зазоры между стенками стакана и гранями колонны должны составлять по верху 75 мм и по низу 50 мм. Толщину стенок стакана принимают не менее 200 мм. При толщине стенок

стакана менее $\frac{2}{3}$ высоты верхней ступени фундамента армируют подобно колонне вертикальными стержнями диаметром не менее 12 мм при общем количестве арматуры $\geq 0,5\%$ площади сечения верхней ступени. При толщине стенок стакана, равной или более $\frac{2}{3}$ верхней ступени, за расчетную высоту фундамента h принимают полную его высоту, при меньшей толщине за расчетную принимают высоту от подошвы фундамента до низа колонны.

По подошве фундамента армируют сварными сетками из стали класса А-III, причем диаметр арматурных стержней должен быть не менее 10 мм. Защитный слой бетона для арматуры при наличии бетонной подготовки должен быть равен 30 мм, при отсутствии подготовки — 70 мм. Бетонную подготовку выполняют толщиной 100 мм из бетона марок 75—100. Отдельно стоящие фундаменты располагают в плане так, чтобы равнодействующая сила нагрузок на фундамент совпадала с центром тяжести сечения его подошвы. В этом случае фундаменты многоэтажных холодильников, а также многопролетных (3 пролета и более) одноэтажных с высотой этажа до низа несущих конструкций, равной 6 м, и глубиной заложения по отношению к чистому полу 2 м и более разрешается рассчитывать как центрально нагруженные. При пролетах одноэтажного холодильника более 18 м, при облегченных ограждающих конструкциях из профилированных стальных или алюминиевых листов, а также в случае сейсмичности района строительства более 7 баллов фундаменты следует рассчитывать как внецентренно нагруженные. При расчете по прочности отдельно стоящих фундаментов определяют действие реактивного давления грунта на подошву фундамента. Фундаменты в виде перекрестных лент или плиты в общем случае рассчитывают как балки или плиты на упругом основании. Фундаменты для зданий холодильников, имеющие квадратную сетку колонн, равные или близкие по величине нагрузки на все колонны, рассчитывают как неразрезные балки или плиты, нагруженные реактивным давлением грунта. Чтобы предотвратить перегрузку основания под концами фундаментных балок или краем плиты, их вылет за ось крайнего ряда колонн должен составлять не менее $0,4l$, где l — расстояние между колоннами. В этом случае для расчета балок и плит пользуются формулами для неразрезных железобетонных конструкций с учетом перераспределения моментов.

В бесподвальных холодильниках нагрузка от самонесущих наружных стен и перегородок передается на фундаменты через сборные железобетонные фундаментные балки. В сейсмических районах фундаментные балки приваривают к фундаментам с помощью стальных за-

кладных деталей; при их монолитном исполнении связь с фундаментами осуществляется путем выпуска арматуры из фундамента.

В холодильниках с подвалами самонесущие наружные стены возводят на подпорных стенах подвального этажа. Подпорные стены сооружают двух типов — из бетонных блоков или сборных железобетонных плит (рис. IV-4). При самонесущих каменных стенах подземных этажей стены подвала выполняют массивными из сборных бетонных блоков и монолитного бетона; при панельных стенах — из сборных железобетонных плит толщиной 20—25 см. При расчетах подпорных стен подвальных этажей учитывают сочетание вертикальной нагрузки от собственного веса и веса расположенной выше стены и горизонтальной нагрузки от грунта вместе с полезной нагрузкой на призме обрушения, составляющей не менее 15 кПа. При необходимости подпорную стену проверяют на горизонтальную нагрузку от грунта с учетом расположения на призме обрушения башенного крана. Подпорную стену подвала рассматривают как балочную плиту, шарнирно опертую в уровне перекрытия и заделанную в уровне подошвы фундаментов. Однако в тех случаях, когда засыпку пазух и монтаж башенных кранов осуществляют до сооружения перекрытия над подвалом, подпорную стену подвала следует рассчитывать как свободно стоящую на опрокидывание, скольжение по подошве и на прочность как консольную балочную плиту.

Подпорные стенки железобетонной и автомобильной платформ выполняют из полнотелых фундаментных блоков или унифицированных сборных железобетонных элементов. Бетон, идущий на изготовление этих элементов, должен иметь марку по морозостойкости не менее 100. При расчете подпорных стен активное давление грунта определяют по формуле: для песчаных грунтов

$$g_r = \gamma H_{\text{ст}} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (\text{IV-2})$$

для глинистых грунтов

$$g_r = \gamma H_{\text{ст}} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - 2c \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (\text{IV-3})$$

где g_r — максимальное значение ординаты треугольной эпюры бокового давления грунта, кПа;

γ — объемный вес грунта, кН/м³;

φ — угол внутреннего трения грунта, град;

c — сцепление грунта, кПа.

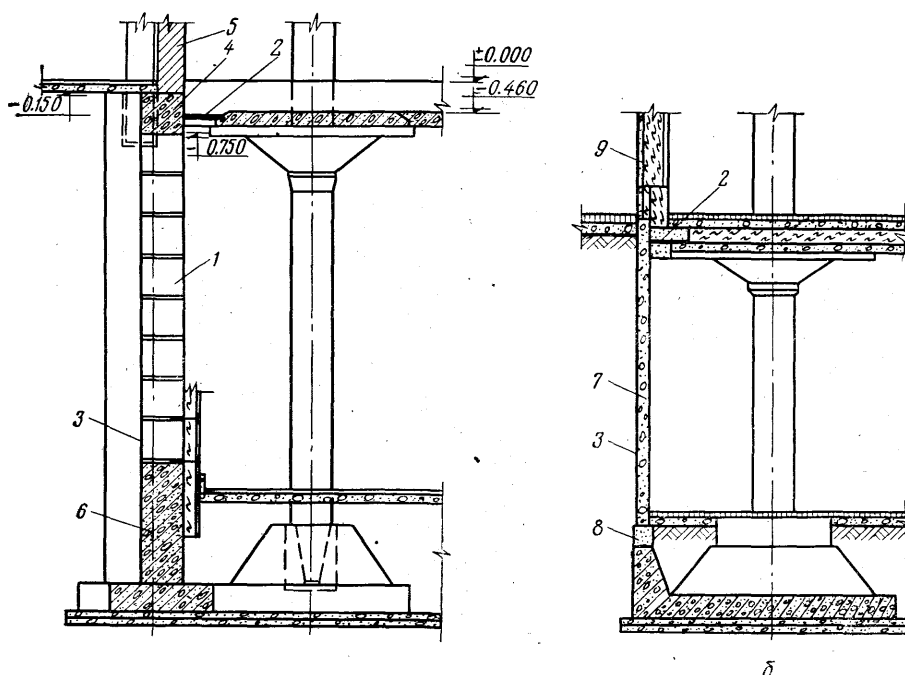


Рис. IV—4. Стены подвальных этажей:

а—из бетонных блоков; б—из сборных железобетонных плит; 1—подпорная стена из бетонных блоков; 2—анкер подпорной стены; 3—гидроизоляция; 4—железобетонный пояс; 5—наружная кирпичная стена; 6—монолитная железобетонная подпорная стенка; 7—сборная железобетонная подпорная стенка; 8—рандбалки; 9—панель наружной стены.

Горизонтальное давление на стенку от временной, равномерно распределенной нагрузки на призме обрушения определяют по формуле

$$q_r = q \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (\text{IV-4})$$

где q_r —значение ординаты прямоугольной эпюры давления, кПа;

q —временная, равномерно распределенная нагрузка на поверхность призмы обрушения, кПа.

При расчете сечений конструкций подпорных стенок для определения усилий от расчетных нагрузок применяют коэффициенты перегрузок, приведенные в табл. IV-1.

Фундаменты на искусственном основании. Эти фундаменты применяют при недостаточной несущей способности естественного основания.

Основания из рыхлых песчаных грунтов или макропористых просадочных суглинков подвергают поверхностному уплотнению грунтов тяжелыми трамбовками (2—4 т), сбрасываемыми с высоты 3,5—4 м. Грунт считается

Таблица IV—1

Коэффициенты перегрузок

Нагрузка	Коэффициент перегрузки	
	увеличивающий расчетное воздействие	уменьшающий расчетное воздействие
Постоянная вертикальная от собственного веса стенки вертикальная и горизонтальная от соответствующего давления грунта	1,1	0,9
	1,2	0,9
Временная равномерно распределенная на поверхности грунта	1,2	1,0

достаточно уплотненным на такую глубину, при которой плотность у подошвы слоя равна проектной: для песков — $1,6 \text{ т/м}^3$, для суглинков макропористых просадочных — $1,55\text{--}1,60 \text{ т/м}^3$.

Применяемые в качестве искусственного основания песчаные подушки устраивают только под фундаментными плитами, они обеспечивают равномерную осадку сооружения и быструю стабилизацию грунта за счет направления вытесняемой грунтовой воды в песчаную подушку. При устройстве подушки песок укладывают слоями $15\text{--}20 \text{ см}$ с уплотнением каждого слоя укаткой или трамбованием до плотности $1,65\text{--}1,7 \text{ т/м}^3$. Для песчаных подушек применяют среднезернистый или крупнозернистый песок. Рыхлые песчаные грунты в насыпях или в естественных массивах уплотняют с помощью поверхностных площадочных виброуплотнителей, обеспечивающих уплотнение грунтов на глубину $0,5\text{--}1,5 \text{ м}$. Поверхностное уплотнение песчаных грунтов на глубину $1,5 \text{ м}$ может осуществляться также виброкатками. Плотность скелета грунта после уплотнения составляет $1,60\text{--}1,75 \text{ т/м}^3$.

При устройстве фундаментов холодильника сваи применяют в тех случаях, когда непосредственно под сооружениями залегают грунты, не способные выдержать нагрузку от сооружения, или когда при использовании свай можно получить наиболее выгодное технико-экономическое решение. При строительстве холодильников, как правило, применяют железобетонные забивные сваи. В многоэтажных холодильниках, для которых характерны большие нагрузки на фундаменты, целесообразно применение свай со значительной несущей способностью — 600 кН (60 тс) и более. Несущую способность свай определяют СНиП II-Б.5—67* или по данным зондирования и проверяют по результатам испытаний динамической или статической нагрузкой.

По сваям устраивают железобетонные сборные или монолитные ростверки (рис. IV-5). Глубину заложения подошвы ростверка принимают в зависимости от конструктивных решений нулевого цикла (наличие подвала, проветриваемого подполья), а также в зависимости от толщины ростверка и возможности пучения грунта при промерзании. Для кустов свай ростверки делают совмещенными со стаканами для установки колонн. Сваи размещают по площади ростверка в рядовом или шахматном порядке. Размещая сваи по площади ростверка, стремятся к сокращению его размеров до конструктивного минимума. Расстояние между осями железобетонных свай должно быть не менее $3d$ (d — диаметр круглой сваи, или сторона квадратной). Расстояние от оси крайнего ряда свай до края подошвы ростверка должно быть не более $0,7 d$, причем свес ростверка за наружную грань свай должен быть не менее $0,1 \text{ м}$.

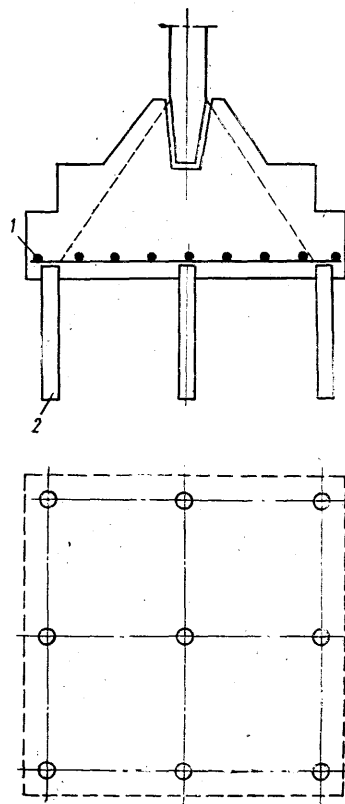


Рис. IV-5. Железобетонный свайный ростверк:

1—стальная арматура; 2—сваи.

верка за наружную грань свай должен быть не менее $0,1 \text{ м}$.

При сооружении фундаментов и подвальных стен зданий холодильников ниже уровня агрессивных грунтовых вод подготовку под фундаменты устраивают при слабой и средней агрессивности среды из стойкого к данной среде утрамбованного щебня с проливкой до полного насыщения битумом марок БН-III, БН-IV; при сильной степени агрессивного воздействия среды поверх утрамбованного щебня толщиной 200 мм , насыщенного битумом, устраивают выравнивающую стяжку из кислотостойкого асфальта толщиной 20 мм и двухслойную рулонную гидроизоляцию (изол, гидроизол) на битумной мастике.

Границу изоляции конструкций устанавливают с учетом возможности максимального повышения уровня грунтовых вод в процессе эксплуатации холодильника.

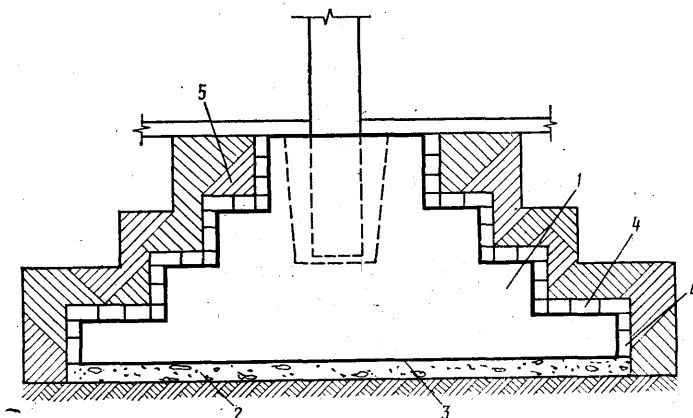


Рис. IV—6. Защита фундамента при агрессивных грунтовых водах:

1—железобетонный фундамент; 2—щебень, пролитый битумом; 3—оклеечная гидроизоляция; 4—прижимная стенка из глиняного кирпича.

Защиту фундаментов (в том числе и фундаментов под оборудование) выбирают в зависимости от агрессивности воды — среды (рис. IV-6).

Таблица IV—2

Варианты защиты боковой поверхности железобетонных фундаментов

Плотность бетона	Степень агрессивного воздействия воды-среды ¹					
	слабая		средняя		сильная	
Нормальная	1	2 3	4	5	6	
Повышенная	Без защиты		2 3	4		
Особо плотная	Без защиты			3		

¹ Определяется по СНиП

Для боковых поверхностей фундаментов можно применить следующие шесть вариантов защиты (табл. IV-2):

1 — холодную битумную грунтовку с последующей покраской горячим битумом марки БН-IV за 2 раза;

2 — покрытие битумно-латексной эмульсией (2—3 слоя);

3 — глиняный «замок» толщиной 200—250 мм;

4 — холодную битумную грунтовку, двухслойную оклеечную гидроизоляцию (изол, гид-

роизол) на битумной мастике; кирпич глиняный обыкновенный (в $\frac{1}{4}$ кирпича);

5 — холодную битумную грунтовку; двухслойную оклеечную гидроизоляцию (изол, гидроизол) на битумной мастике, кирпич кислотоупорный клинкерный или глиняный обыкновенный (в $\frac{1}{2}$ кирпича), пропитанный в битуме на битумной мастике, или асфальтовую штукатурку;

6 — покрытие эпоксидными мастиками (3—4 слоя).

Защиту железобетонных свай следует производить в соответствии с данными табл. IV-3.

Необходимая плотность бетона обуславливается водоцементным отношением (табл. IV-4)

НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

Одноэтажные холодильники. Несущие конструкции одноэтажных холодильников — колонны, подстропильные балки, фермы и плиты (рис. IV-7) — выполняют из унифицированных сборных железобетонных элементов. Применяют железобетонные колонны для бескрановых промышленных зданий высотой до низа несущих конструкций 4,8 и 6 м, железобетонные стропильные предварительно напряженные балки пролетом 12 и 18 м, железобетонные многопустотные настилы; ребристые плиты, более легкие по сравнению с многопустотными панелями (когда по технологическим требованиям потолок допускается выполнять не гладким).

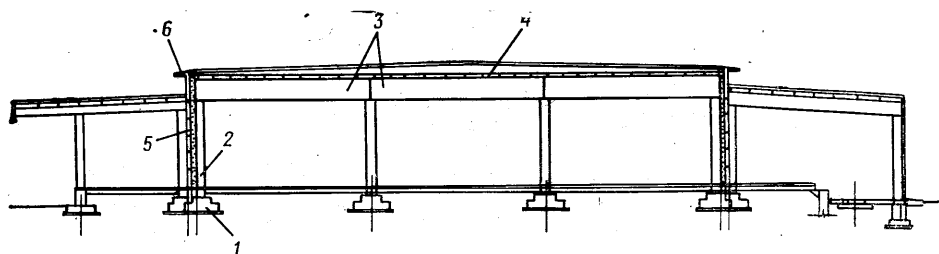


Рис. IV—7. Сборный железобетонный каркас одноэтажного холодильника (поперечный разрез):
1—фундаменты; 2—колонны; 3—строительные балки; 4—плиты покрытия; 5—стеновые панели; 6—карнизная плита.

Таблица IV—3

Способы защиты железобетонных свай от агрессивного воздействия воды-среды

Плотность бетона	Защита свай при степени агрессивности					
	слабой		средней		сильной	
	на грунты					
	слабофильтрующие ($K \leq 0,1$ м в сутки)	сильно-фильтрующие ($K > 0,1$ м в сутки)	слабо-фильтрующие ($K \leq 0,1$ м в сутки)	сильно-фильтрующие ($K > 0,1$ м в сутки)	слабо-фильтрующие ($K \leq 0,1$ м в сутки)	сильно-фильтрующие ($K > 0,1$ м в сутки)
Нормальная	Защита раствором битума в бензине за 3 раза	Защита эпоксидными покрытиями или пропитка на глубину не менее 5 мм битумом	Бетон нормальной плотности не менять			
Повышенная	Без защиты	Защита раствором битума в бензине за 3 раза	Защита эпоксидными покрытиями или пропитка на глубину не менее 5 мм битумом			
Особо плотная	То же	Без защиты	Защита раствором битума в бензине за 3 раза			
			Защита эпоксидными покрытиями			

Таблица IV—4

Водоцементное отношение для тяжелого бетона

Плотность бетона	Марка бетона по водонепроницаемости	Водоцементное отношение (В/Ц) не более
Нормальная	В-4	0,6
Повышенная	В-6	0,55
Особо плотная	В-8	0,45

При расчете несущих конструкций помимо собственного веса конструкций покрытия и снега учитывают нагрузку от технологического оборудования, равную $0,5 \text{ кПа}$ (50 кгс/см^2) или более, если это предусматривается специальным технологическим заданием. При выборе типа предварительно напряженных железобетонных элементов предпочтение следует отдавать конструкциям со стержневой арматурой.

Железобетонные несущие конструкции долговечны, огнестойки, просты в эксплуатации, но обладают большим весом и материалоемкостью. В ряде случаев, особенно при строительстве холодильников в отдаленных районах, предпочтительнее стальные несущие конструкции (рис. IV-8). Колонны выполняют из про-

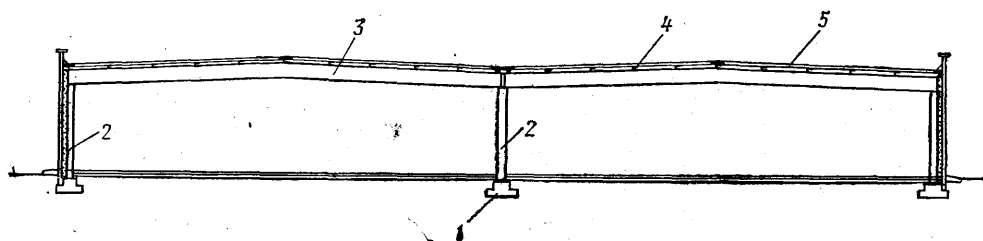


Рис. IV—8. Стальной каркас из прокатных и сварных профилей:

1—железобетонный фундамент; 2—стальная колонна; 3—стальная стропильная балка; 4—прогоны; 5—профилированный стальной настил.

катных профилей, а стропильные конструкции— из стальных сварных балок или ферм, по которым укладывают стальной профилированный настил. Такая конструкция, обладая малым собственным весом, позволяет относительно легко создавать большие пролеты, кроме того, она и малочувствительна к сейсмическим нагрузкам. При расчете подобных конструкций со стальными фермами следует учитывать отсасывающее действие ветра, так как при нагрузках, направленных снизу вверх, возможно изменение знака усилий в раскосах ферм.

Малый собственный вес конструкций требует также более точного учета и других нагрузок — веса утеплителя, технологического оборудования, снега и др.

При сооружении холодильников малой емкости (до 250 т), для которых устанавливаются IV и V степени огнестойкости, в качестве конструкционного материала допускается дерево. Здания таких холодильников проектируются каркасно-щитовыми, причем сборка отдельных элементов каркаса и ограждающих щитов, изготовленных на заводах деревообрабатывающей промышленности, осуществляется на месте.

Многоэтажные холодильники. Каркасы зданий многоэтажных холодильников выполняются, как правило, из сборных железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями (рис. IV-9, IV-10). Безбалочные перекрытия из монолитного железобетона применяют с использованием современных индустриальных методов строительства, в частности метода подъема этажей. Конструкции сборных безбалочных перекрытий различаются разрезкой безбалочной плиты на составляющие ее элементы, а также методами стыковки этих элементов при монтаже. Получили распространение конструкции, разработанные проектными институтами «Гипрохолод» и «Гипромясо».

Сборные безбалочные конструкции института «Гипрохолод» под нормативные полезные

нагрузки 20 и 30 кПа (3000 кгс/м²) имеют сетку колонн 6×6 м, высоты этажей 4,8 и 6,0 м. Разрезка безбалочной плиты осуществляется с трехметровым модулем. Конструкцию собирают из четырех основных элементов заводского изготовления — колонн, капителей, надколонных и пролетных плит. По условиям устойчивости зданий без дополнительных конструктивных мероприятий (установка связей, усиление стыков и др.) в сейсмических районах допускается строительство пяти надземных этажей при числе пролетов не менее трех.

Все железобетонные элементы выполняют из бетона марки 300, за исключением колонн нижних этажей, которые выполняют из бетона марки 400. Рабочую арматуру изготовляют из стали периодического профиля класса А-III.

В зависимости от технологических требований колонны могут иметь прямоугольное или круглое сечение. Нижний конец колонны имеет форму усеченного конуса или усеченной пирамиды, которые при монтаже вставляются в стаканы фундамента или капители. Верхний конец имеет подкапительное уширение, а рабочая арматура выводится за верхний торец колонны. Капитель имеет размер в плане 300×300 см и высоту 65 см. В зависимости от формы сечения колонны нижней части капители придана форма усеченного конуса или усеченной пирамиды: верхняя часть представляет собой плоскую плиту толщиной 14 см. В центре капители имеется отверстие, форма которого обеспечивает возможность распалубки готового изделия. При монтаже капитель устанавливают на колонну и с помощью накладных деталей крепят к выступам арматуры колонны.

Отверстие в капители совместно с верхним торцом колонны образует стакан, в который устанавливают колонну следующего этажа. Надколонные и пролетные плиты имеют одинаковую толщину (16 см). Надколонные плиты армируют как балочные плиты, пролетные —

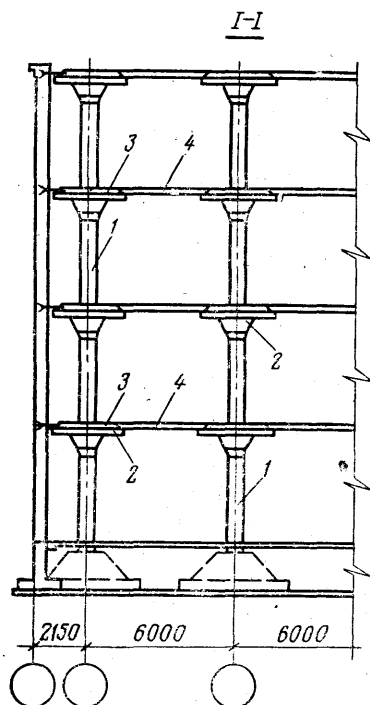
как плиты, опертые по контуру. После установки надколонные плиты соединяют между собой стержнями, привариваемыми к закладным деталям. Пролетные плиты устанавливают на углы капители. После этого над капителью укладывают арматурную сетку и стык бетонируют. Швы между пролетными и надколонными плитами зачеканивают раствором.

Конструкция представляет собой рамную пространственную систему, которая рассчитывается на вертикальные нагрузки от собственного веса, веса конструкций, пола и от полезной нагрузки, а также на горизонтальную нагрузку от действия ветра. Коэффициент перегрузки для полезных нагрузок принимается равным 1,2. При расчете пространственную конструкцию расчленяют на перекрестные плоские многопролетные многоярусные рамы, стойками которых служат колонны, а ригелями — надколонные плиты. Рамы рассчитывают при невыгоднейшем нагружении одним из приближенных методов строительной механики либо на ЭВМ. Эпюра моментов, полученная при расчете рамы на вертикальные нагрузки, преобразуется с учетом пластических деформаций в узлах рамы. При этом точка нулевого момента в ригеле рамы совмещается с точкой опоры надколонной плиты на капитель. Принятая нулевая точка лишь незначительно смещена по отношению к точке нулевого момента, определенной при точном расчете рамы как упругой системы.

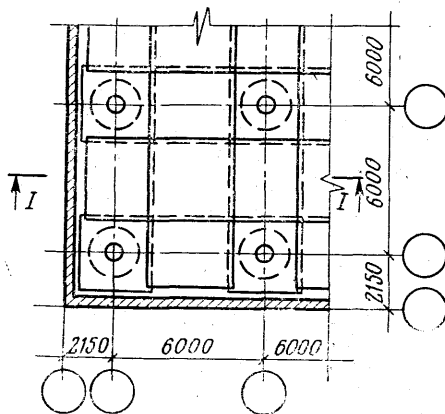
Определение усилия в отдельных элементах безбалочной конструкции производят следующим методом. Пролетную плиту рассчитывают как опертую на упругий нагруженный контур. В этом случае с пролетной плиты на надколонную передается лишь часть нагрузки, в то время как другая часть передается непосредственно на углы капители. Величина нагрузки, передаваемой на надколонную плиту, зависит от соотношения жесткостей надколонной и пролетных плит.

Жесткость плит можно определять без учета образования трещин, т. е. определять деформации плит в упругой стадии их работы. Надколонная и пролетная плиты рассматриваются как свободно опертые, причем углы пролетной плиты закреплены от возможного их поднятия. Под нагрузкой q (в кПа) по всей площади поверхности надколонная плита получает некоторый прогиб f (в м), вследствие чего она не может служить опорой для пролетной плиты, которая в этот момент опирается своими углами на капители.

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q b l^4}{E I}, \quad (IV-5)$$



Фрагмент междуэтажного перекрытия



где b — ширина надколонной плиты, м;
 l — пролет в свету надколонной плиты, м;
 I — момент инерции надколонной плиты, м⁴;
 E — модуль упругости бетона, кПа.

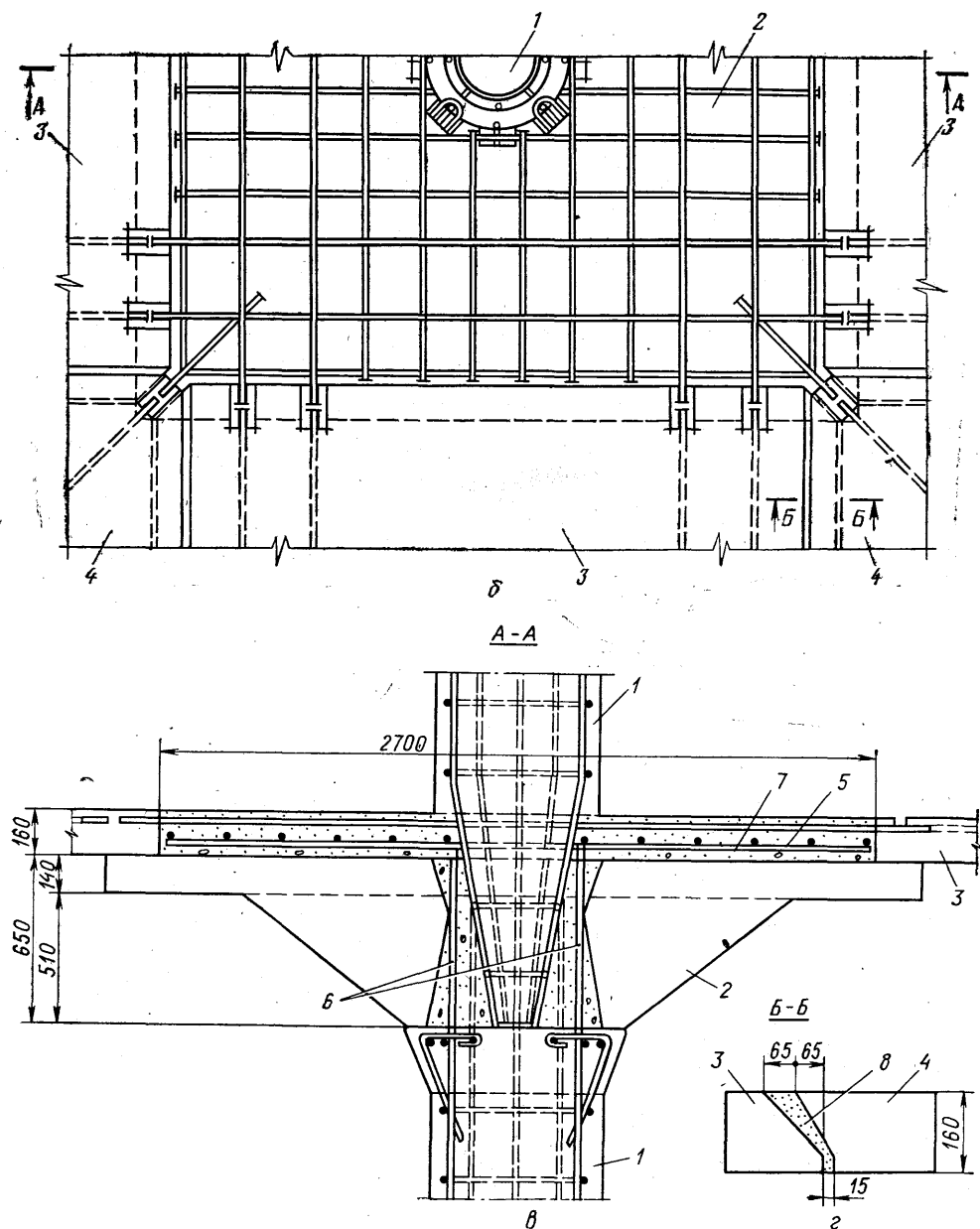
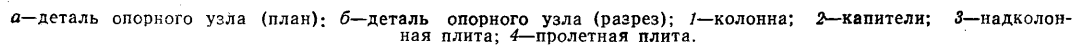


Рис. IV—9. Сборные железобетонные безбалочные конструкции Гипрохолода:

а—общий вид; *б*—деталь опорного узла (план); *в*—деталь опорного узла (разрез); *г*—стык плит; *1*—колонна; *2*—капитель; *3*—надколонная плита; *4*—пролетная плита; *5*—монолитный бетон; *6*—выпуски арматуры из колонны; *7*—сетка опорной арматуры; *8*—жесткий раствор марки 200.



В соответствии с принципом независимости действия сил условно принимают, что надколонная плита прогибается независимо от прогиба пролетной. По мере загрузки пролетная плита, опертая на четыре точки, в свою очередь прогибается до тех пор, пока прогиб ее края не станет равным прогибу надколонной плиты. Это происходит, когда нагрузка на пролетную плиту достигает некоторой величины ξq ($\xi < 1$)

$$\xi q = \frac{Eh^3 f}{0,197 l_1^4} \quad (IV-6)$$

где h — толщина пролетной плиты, м;

l_1 — величина пролета пролетной плиты, м.

При дальнейшем нагружении пролетная плита станет работать как опертая на упругий контур по четырем сторонам, передавая по треугольнику соответствующую долю нагрузки q_1 , на надколонную плиту

$$q_1 = q - \xi q = q(1 - \xi). \quad (IV-7)$$

Следовательно, при расчете пролетной плиты на прочность расчетные моменты в ее сечениях определяют как сумму моментов в плите, опертой на четыре точки под расчетной нагрузкой ξq_p и в плите, опертой на упругий контур под нагрузкой $(1 - \xi)q_p$. Деформацию определяют аналогично от нормативных нагрузок.

Расчет надколонной плиты на прочность производят по расчетным моментам и поперечной силе как в свободно опертой балке под расчетными нагрузками q_p на самой плите и $(1 - \xi)$, передаваемой по треугольнику с пролетной плиты.

Величину опорной арматуры в надколонной плите, не учитываемую при ее расчете на прочность от вертикальной нагрузки, определяют по моменту $M_{оп}$ (в кН·м)

$$M_{оп} = S_w \frac{H_2}{2n}, \quad (IV-8)$$

где S_w — ветровая нагрузка на здание в уровне перекрытия первого этажа, кПа;

n — число колонн по ширине здания;

H_2 — высота первого этажа, м.

Надколонную плиту по деформациям рассчитывают по нормативным нагрузкам с учетом опорных моментов.

Опорную арматуру, укладываемую в слой монолитного бетона над капителью, рассчитывают на момент:

$$M'_{оп} = \frac{q_p l (l - c)^2}{8} - M'_{пр} - M''_{пр}, \quad (IV-9)$$

где l — расстояние между осями колонн, м;
 c — диаметр конуса капители, м;

$M'_{пр}$ — момент в пролете надколонной плиты, кН·м;

$M''_{пр}$ — момент одного направления на всю ширину пролетной плиты, кН·м.

Капитель до замоноличивания рассчитывают на монтажную нагрузку 2 кПа с коэффициентом перегрузки 1,4 и собственный вес конструкций. Верхнюю арматуру капители определяют по моменту $M_{кап}$ (в кН·м):

$$M_{кап} = \frac{1}{2} (g_p + 280) l_{н.п} c, \quad (IV-10)$$

где g_p — расчетная нагрузка от собственного веса плит перекрытия, кПа;

$l_{н.п}$ — пролет надколонной плиты, м.

Замоноличенную железобетонную капитель проверяют на продавливание p (в кН) при условии:

$$p \leq 0,75 R_p h_0 b_{ср}, \quad (IV-11)$$

где R_p — расчетное сопротивление бетона растяжению, кПа;

h_0 — полезная высота сечения, м;

$b_{ср}$ — полусумма периметров нижнего и верхнего оснований пирамиды продавливания, м.

Силу продавливания определяют по формуле

$$p = q_p (l^2 - F_{пр}), \quad (IV-12)$$

где $F_{пр}$ — площадь основания пирамиды продавливания, м².

Колонны рассчитывают на внецентренное сжатие без снижения нагрузок по этажам.

Изгибающие моменты в средних колоннах M_K^H и M_K^B :

$$M_K^H = \frac{\bar{M}_{уз}^c}{i_H + i_B + i_{п}} i_H; \quad M_K^B = \frac{M_{уз}^c}{i_H + i_B + i_{п}} i_B; \quad (IV-13)$$

где M_K^H — момент в нижней колонне, кН·м;

M_K^B — момент в верхней колонне, кН·м;

$M_{уз}^c$ — узловой момент средних колонн, кН·м;

i_B, i_H — погонные жесткости колонн, м³;

$i_{п}$ — погонная жесткость надколонной плиты, м³.

Изгибающие моменты в крайних колоннах M_K^H и M_K^B :

$$M_K^H = \frac{M_{уз}^K}{i_H + i_B} i_H; \quad M_K^B = \frac{M_{уз}^K}{i_H + i_B} i_B, \quad (IV-14)$$

где $M_{уз}^K$ — узловой момент крайних колонн, кН·м.

Узловые моменты определяют как моменты в заменяющих рамах. При отношении $\frac{i_n + i_b}{i_n} > 4$ узловые моменты определяют по формулам:

$$M_{уз}^c = \frac{Pl^3}{12}; \quad M_{уз}^k = \frac{ql^3}{12}, \quad (IV-15)$$

где P — полезная расчетная нагрузка на перекрытие, кПа;

q — полная расчетная нагрузка, кПа.

Основное отличие конструкций Гипромяса (серия 1.420-4) от конструкций Гипрохолода состоит в том, что поэтажный стык колонн вынесен из капители и осуществляется аналогично стыку колонн в серии многоэтажных балочных конструкций ИИ-20. Колонна для установки капители имеет со всех четырех сторон консоли. На участке капители колонны, так же как и отверстия капители, имеют рифленую поверхность, что позволяет путем замоноличивания стыка образовать шпоночное соединение капители и колонны. Надколонную плиту устанавливают на консоли надколонной плиты. После сварки закладных деталей и замоноличивания конструкция приобретает необходимую жесткость.

Конструкция позволяет вести монтаж здания на всю высоту без немедленного замоноличивания узлов благодаря монтажной сварке соответствующих закладных деталей. Однако при этом значительно возрастает расход стали, особенно проката, увеличивается объем сварочных работ на монтаже (табл. IV-5).

Таблица IV-5

Технико-экономические показатели безбалочных перекрытий под полезную нормативную нагрузку 20 кПа (2000 кгс/м²)

Конструкции перекрытий	Конструктивная высота, см	Расход материалов на 1 м² перекрытия 2-го этажа сверху	
		бетон, м³	сталь, кг
Гипрохолода	30	0,245	21,8
Гипромяса	18	0,252	29,9

Конструкции Гипромяса рассчитывают практически так же, как и конструкции Гипрохолода.

В многоэтажных холодильниках балочные конструкции не применяются. Однако при проектировании одноэтажных холодильников с подвалами применяют сборно-монолитные балочные конструкции (колонны и балки из серии ИИ-20), а перекрытие выполняют из многопустотных панелей с последующим замоноличиванием (рис. IV-11). Такие перекрытия проектируют обычно под полезную нормативную нагрузку 30 кПа (3000 кгс/м²). Аналогичная конструкция под нагрузку 15—20 кПа (1500—2000 кгс/м²) применяется для перекрытия вестибюлей многоэтажных холодильников.

При проектировании зданий многоэтажных холодильников в районах с сейсмичностью более 8 баллов в целях уменьшения перемещений элементов каркаса под действием горизонтальных сейсмических сил целесообразно учитывать жесткость стен лифтовых шахт, лестничных клеток, междукламерных перегородок, а в некоторых случаях при сейсмичности района строительства 9 баллов и более — также и жесткость наружных стен. В этом случае каркас здания холодильника превращается из рамного в рамно-связевой без нарушения обычных планировочных решений. Кроме того, в результате такого решения возможно без значительной переработки использовать конструкции сборных безбалочных перекрытий, применяемые в несейсмических районах. Помимо большей надежности рамно-связевая система в условиях высокой сейсмичности имеет лучшие технико-экономические показатели (табл. IV-6).

Таблица IV-6

Расход материала по двум вариантам конструктивных схем холодильника емкостью 10 000 т

Конструктивная схема	Расход на 1 м² перекрытия	
	бетон, м³	сталь, кг
Рамно-связевая	0,33	26,4
Рамная	0,32	34,6

Наружные стены. Наружные стены занимают от 20 (в одноэтажных зданиях) до 70% (в многоэтажных зданиях) всей площади наружных ограждений холодильника. Конструкция наружных стен проверяется расчетами: теплотехническим, на паропроницаемость (см. главу III), устойчивость и прочность. Участки стены с уменьшенным сопротивлением теплопередаче, например стыки панелей, противопо-

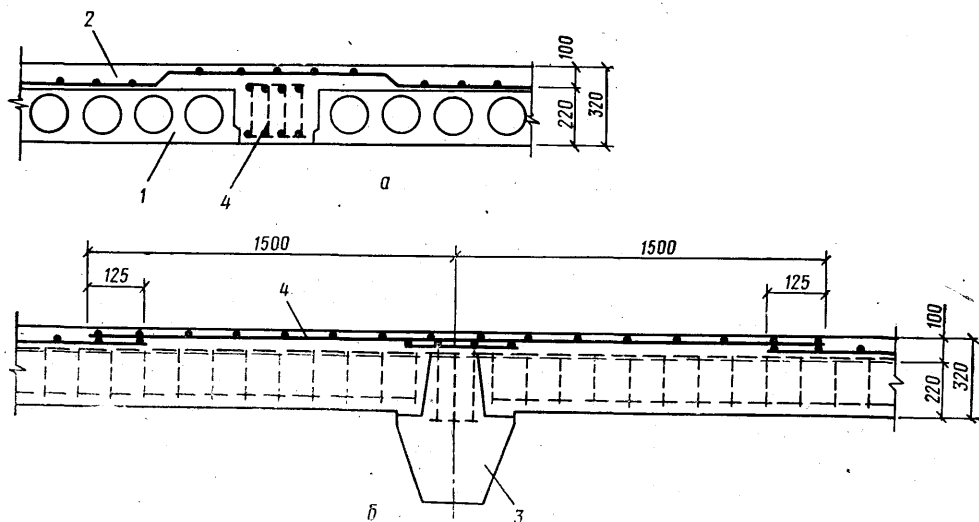


Рис. IV—11. Сборно-монолитные железобетонные балочные конструкции с гладкими потолками:
 а—продольный разрез; б—поперечный разрез; 1—многопустотные железобетонные панели; 2—монолитная железобетонная плита; 3—сборные железобетонные балки; 4—арматурные каркасы монолитного слоя.

жарные пояса и углы здания, проверяют расчетом на образование конденсата.

Наружные стены зданий холодильников выполняют в основном многослойными. Многослойные стены состоят из двух основных слоев — наружного, совмещающего функции несущего и защитного, и внутреннего — теплоизоляционного. В качестве наружного слоя применяются железобетонные панели из тяжелого или легкого бетонов, стальные или алюминиевые листы, кирпич, различные природные камни. Теплоизоляционный слой выполняют из эффективных теплоизоляционных материалов, жестких минераловатных плит или пенопластов.

Панельные стены многоэтажных холодильников выполняют из вертикальных ребристых железобетонных панелей конструкции Гипрохолода (рис. IV-12, а), вертикальных плоских панелей — по серии 1.432-4; панельные стены одноэтажных холодильников — из керамзитобетонных панелей той же серии, а также из панелей типа «Сэндвич».

При проектировании железобетонных панелей с эффективным утеплением учитывают трудность осуществления полной герметизации стыков, необходимых для предотвращения попадания в них влаги. Ввиду этого особое внимание обращают на придание бетону необходимой морозостойкости и плотности. Бетон панели должен иметь марку по морозостойкости не менее 200, а его водоцементное отноше-

ние должно составлять не более 0,45. Защитный слой для арматуры следует назначать не менее 20 мм. Стены из панелей конструкции Гипрохолода, имеющие перед монтажом полную заводскую готовность, в условиях строительства изолируются лишь в стыках. Стены из панелей серии 1.432-4 изолируют полностью после монтажа, что снижает эффективность их применения.

Самонесущие наружные кирпичные стены (рис. IV-12, б) выполняют толщиной 380 мм из полнотелого глиняного кирпича пластического прессования на растворе марки 50. При морозостойкости кирпича менее Мрз 25 стены с наружной стороны штукатурят цементным раствором марки 50. Применение кирпича с морозостойкостью менее 15 не допускается. Стены холодильников, в которых поддерживается температура внутреннего воздуха 0°С и выше, могут быть облицованы керамическим пустотелым кирпичом с морозостойкостью не ниже 25 циклов. В том случае, когда кирпич служит в качестве заполнения стенового каркаса, толщина стены принимается равной 250 мм.

Для крепления самонесущей стены к основному каркасу здания, а также для предотвращения образования вертикальных трещин в толще стены устраивают железобетонный пояс. В многоэтажных холодильниках эти пояса располагают в уровнях междуэтажных перекрытий и покрытия, а в одноэтажных — в уровнях покрытия и непосредственно под дверными

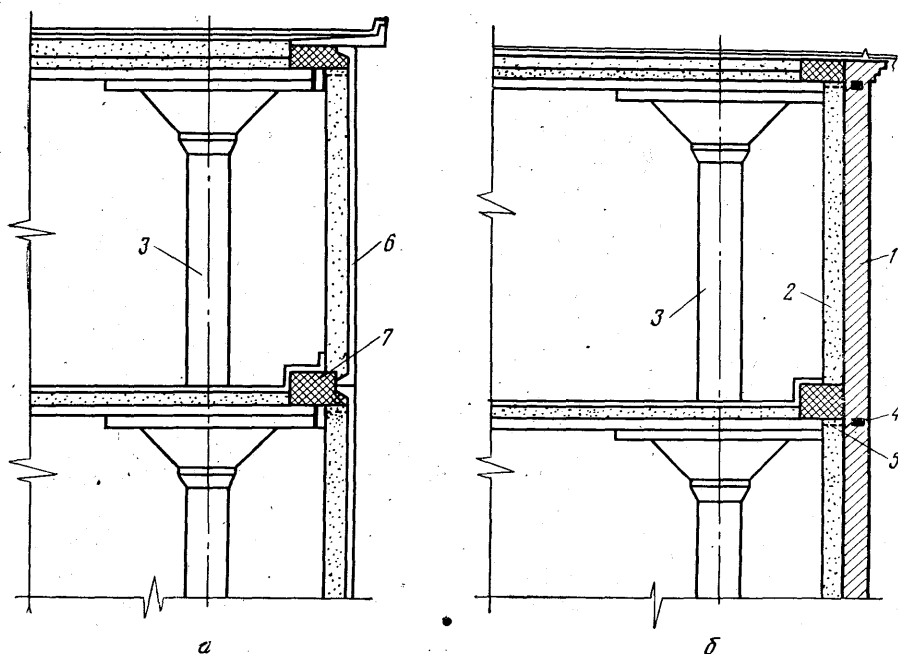


Рис. IV—12. Наружные самонесущие стены холодильника:

а—из вертикальных железобетонных панелей конструкции Гипрохолода; *б*—кирпичные; 1—кирпичная стена; 2—теплоизоляция; 3—колонна каркаса; 4—железобетонный пояс; 5—анкер крепления стены к колонне; 6—железобетонная вертикальная панель; 7—противопожарный пояс.

проемами. Пояса крепят железобетонными или стальными анкерами к междуэтажным перекрытиям либо к колоннам. Наружные стены рассчитывают на действие ветровой нагрузки и на нагрузку от собственного веса.

Внутренние несущие стены выполняют из глиняного полнотелого кирпича марки не ниже 100 на растворах марки 50, при необходимости с армированием либо из железобетона. Выбор материала и толщина стен определяются расчетом на нагрузки от собственного веса стены и веса перекрытий.

Для внутренней и наружной облицовок металлических стеновых бескаркасных панелей типа «Сэндвич» (рис. IV-13) применяются гладкие или гофрированные стальные и алюминиевые листы. В качестве теплоизоляционных материалов используют различные виды пенопластов. Стальные облицовочные листы, изготавливаемые из рулонной оцинкованной стали, можно использовать в конструкции панелей без покраски. Алюминиевые облицовочные листы и профили анодируют, а стальные крепежные детали кадмируют.

Панели крепят к несущему каркасу с по-

мощью специальных стальных деталей, прикрепляемых к стальным облицовочным листам при изготовлении панелей. Конструктивные детали стыка выполняют в зависимости от материала облицовки из горячекатаных или гнутых стальных профилей либо из прессованных алюминиевых профилей.

Перегородки. Междукламерные перегородки должны обладать необходимой прочностью, устойчивостью и сопротивлением теплопередаче (см. главу III).

Перегородки могут быть крупноблочными, выполняемыми из пено- или газобетонных блоков, из керамзитовых блоков и других камневидных теплоизоляционных материалов; каркасными — в виде деревянного каркаса с эффективной теплоизоляцией в качестве заполнения; комплексными — в виде кирпичной или панельной железобетонной перегородки с дополнительной эффективной теплоизоляцией (рис. IV-14).

Блочные и комплексные перегородки имеют наибольшее применение. Эти перегородки при их высоте до 3,6 м могут устанавливаться непосредственно на бетонный подстилающий слой

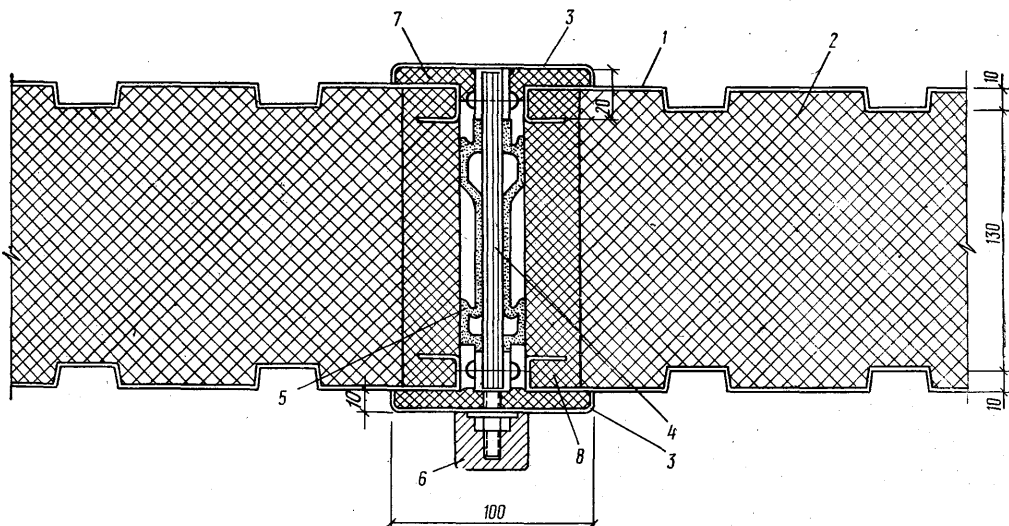


Рис. IV—13. Деталь стыка панелей типа «Сэндвич»:

1—стальной оцинкованный или алюминиевый профилированный лист; 2—теплоизоляция из пенопласта; 3—гнутой профиль 100×10×3 мм стальной, оцинкованный или алюминиевый; 4—бакелитизированная фанера толщиной 10 мм; 5—уплотняющий профиль из эластичного пенополиэтилена; 6—полиэтиленовый колап на эпоксидной смоле; 7—герметизирующая мастика УМС-50; 8—участок теплоизоляции, пропитанный синтетическими смолами

пола. При большей высоте эти перегородки следует устанавливать на фундаментные балки или на собственный фундамент. При проектировании перегородок нужно предусматривать их крепление к основным несущим конструкциям.

Междуэтажные перекрытия. Междуэтажные перекрытия, кроме функции несущих конструкций, выполняют роль внутренних ограждающих конструкций. Сопротивление теплопередаче междуэтажных перекрытий нормируется СНиПом в зависимости от температуры воздуха в камерах выше- и нижележащих этажей.

Когда над перекрытиями поддерживают отрицательную температуру воздуха, а под перекрытиями — положительную или нулевую, обязательно проверяют выпадение конденсата на потолке. Изоляцию перекрытий следует выполнять из эффективных теплоизоляционных материалов, обладающих достаточной жесткостью. Этим требованиям лучше всего отвечает пенополистирол марки ПСБ-С плотностью 35—40 кг/м³.

К междуэтажным перекрытиям крепится снизу различное внутрикамерное оборудование — потолочные батареи, подвесные пути, воздухоохладители, электроосветительные разводки. Несущая конструкция междуэтажных перекрытий выполняется из сборных железобе-

тонных элементов заводского изготовления; все закладные детали для крепления внутрикамерного оборудования, а также отверстия для пропуска коммуникаций должны предусматриваться при проектировании. Пробивка отверстий в безбалочных конструкциях нежелательна, пробивка отверстий в зоне конуса (пирамиды) капители недопустима. Потолки междуэтажных перекрытий при величине защитного слоя нижней арматуры 15 мм не нуждаются в защитном лакокрасочном покрытии и лишь по санитарным соображениям подлежат известковой побелке.

По верху безбалочного перекрытия не требуется выравнивающей стяжки. В случае необходимости по перекрытию может быть выполнен пароизоляционный слой (обычно в перекрытиях над камерами с положительными или нулевыми температурами).

Теплоизоляцию укладывают по перекрытию. Подклейка теплоизоляции снизу допускается лишь на отдельных участках перекрытия для предотвращения образования мостиков холода.

Конструкция безбалочных перекрытий, рассчитанная под полезную нормативную нагрузку 20 кПа (2000 кгс/м²) с конструкцией пола позволяет применять электропогрузчики грузоподъемностью до 2 т. При большей грузоподъемности погрузчиков несущая способность перекрытий и полов должна проверяться расчетом.

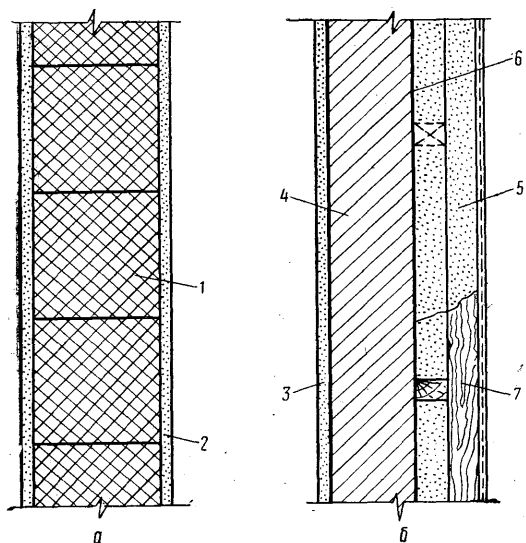


Рис. IV—14. Изолированные перегородки:

а—блочные; б—комплексные; 1—пенобетонные блоки; 2—цементно-известковая штукатурка; 3—цементная штукатурка; 4—армированная кирпичная перегородка; 5—плитная теплоизоляция; 6—пароизоляция; 7—деревянный каркас.

Перекрытие над подпольем, конструктивно не отличаясь от междуэтажных перекрытий, выполняет функцию не внутренней, а наружной ограждающей конструкции. В виду того, что железобетонные конструкции этих перекрытий подвергаются попеременному увлажнению и высыханию, а также замораживанию и оттаиванию к перекрытию над подпольем предъявляют более жесткие требования в отношении его долговечности. Защитный слой арматуры этих конструкций должен быть не менее 20 мм, марки бетона по морозостойкости не менее 200, а водоцементное отношение не более 0,45. Особое внимание обращают на тщательность заполнения швов в стыках сборных железобетонных элементов и качественное выполнение паро- и теплоизоляционных работ.

Несущую способность как междуэтажных перекрытий, так и перекрытий над подпольем рассчитывают в зависимости от высоты этажа, плотности находящегося на хранении груза с учетом стоимости 1 м³ здания холодильника.

ПОКРЫТИЯ, ПОЛЫ, КРОВЛЯ

Покрытия. При строительстве холодильников применяют совмещенные бесчердачные покрытия, состоящие из несущих конструкций, теплоизоляции и кровли.

Сопротивление теплопередаче покрытия нормируется СНиП II-105—74. Расчет покрытия по несущей способности производится на сумму нагрузок от собственного веса покрытия, фактического веса батарей (но не менее 0,5 кПа (50 кгс/м²), а также на снеговую нагрузку.

При панельной системе охлаждения в качестве несущих плит покрытия рекомендуется применять ребристые плиты, при ребристых батареях — многоспустотные железобетонные плиты, позволяющие создать гладкие потолки.

В качестве теплоизоляции покрытия применяют эффективные теплоизоляционные материалы: жесткие минераловатные плиты и пенополистирольные плиты, пенобетон, а также различные теплоизоляционные засыпки — керамзитовый гравий, аглопорит, перлитовый щебень и др. Ввиду того что уклон кровли создается главным образом за счет переменной толщины теплоизоляции, значительный экономический эффект можно получить при плитной и засыпной изоляции.

Полы. Полы в зданиях холодильников должны иметь высокую прочность, так как они подвергаются значительному механическому воздействию от движения напольного транспорта — электропогрузчиков, электрокар и ручных тележек.

Кроме того, они должны иметь малое пылеотделение и хорошо очищаться от загрязнения.

С учетом этих требований рекомендуют следующие типы покрытий полов холодильников: мозаичные (террацо) монолитные из бетона марки 400 толщиной 40 мм; из армированных мозаичных плит из бетона марки 400, укладываемых на цементно-песчаном растворе марки 300; из шлакоситаловых плит, укладываемых на цементно-песчаном растворе марки 300. Для холодильников малой емкости допускается двухслойное асфальтобетонное покрытие толщиной 40—50 мм. Для предотвращения появления усадочных трещин монолитный бетонный пол разрезают на участки 3×3 м. Швы образуются прокладкой алюминиевых полос на всю толщину покрытия.

Использование в этих целях стеклянных полос не допускается.

При теплоизоляции пола эффективными материалами — жесткими минераловатными плитами, пенополистирольными плитами марки ПСБ-С по ним устраивают стяжку из бетона марки 200 толщиной 50—80 мм с армированием сеткой из проволоки диаметром 6 с ячейкой 150×150 мм. Перед устройством стяжки теплоизоляционный материал для защиты его от увлажнения покрывают одним слоем пергамина или рубероида насухо с промазкой швов. При теплоизоляции полов керамзитовым гравием, шлаком, аглопоритом и засыпными ма-

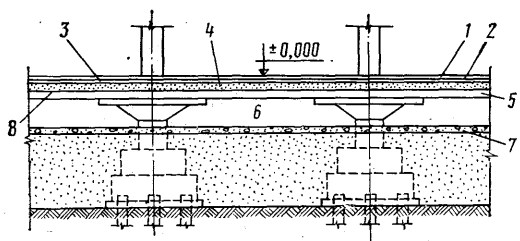


Рис. IV—15. Перекрытие над подпольем:

1—покрытие из мозаичных бетонных плит; 2—цементная прослойка; 3—армобетонная стяжка; 4—теплоизоляция; 5—железобетонное перекрытие; 6—проветриваемое подполье; 7—бетонная подготовка; 8—пароизоляция.

териалами по ним укладывают подстилающий слой из бетона марки 200 толщиной 100 мм. В свою очередь теплоизоляционный слой укладывают на подстилающий слой из бетона марки 200 толщиной 100 мм либо на плиту перекрытия. При залегании в основании фундаментов и полов холодильника пучинистых грунтов в конструкции полов должна быть предусмотрена возможность защиты грунта от промерзания. В этих целях могут быть использованы следующие конструкции: полы с проветриваемым подпольем (рис. IV-15); шанцевые полы с электрообогревом (рис. IV-16) или маслопрогревом.

Все виды указанных полов имеют нормированное сопротивление теплопередаче.

Наибольшее распространение получили полы с электрообогревом грунта, обеспечивающие при правильной их эксплуатации достаточно надежную защиту грунта от промерзания.

В качестве электронагревателей служат прутки из арматурной стали диаметром 10—16 мм, укладываемые в бетонный подстилающий слой пола (рис. IV-16, а) либо в бетонную подготовку фундаментов (рис. IV-16, б). Подстилающий слой или подготовка выполняются из бетона марки 200. Вся конструкция пола должна быть защищена от увлажнения грунтовой влагой надежной гидроизоляцией, например двумя слоями гидроизола на горячей битумной мастике.

При расположении подстилающего слоя в зоне опасного капиллярного поднятия многолетних или сезонных грунтовых вод предусматривают меры по понижению уровня грунтовых вод (устройство дренажа вокруг здания, водосточных канав и др.).

Высоту опасного капиллярного поднятия грунтовых вод ориентировочно принимают (в м): для крупного песка 0,3, песка средней крупности и мелкого 0,8, песка пылеватого и супеси 1,3, суглинка и глинистого грунта 2.

Под бетонный подстилающий слой по некаменистому грунту предусматривают уплотнение основания щебнем или гравием крупностью 40—60 мм.

Кровля. Здания холодильников имеют плоские кровли с уклоном 1,0—2,0%, создаваемым за счет переменной толщины теплоизоляции или соответствующего уклона стропильных балок. В качестве основания под кровлю предусматриваются:

при утеплителях из минераловатных изделий, торфоплит и сыпучих (рыхлых) утеплителях — поверхности выравнивающих стяжек из цементно-песчаного раствора или бетона марки 100 толщиной 40 мм, армированного металлической сеткой марки 3—15/3 (ГОСТ 8473—57) или сетками из стальной проволоки диаметром 3 мм с размерами ячеек 200×200 мм;

при плитах из искусственных каменевидных материалов — поверхности стяжек из цементно-песчаного раствора марки 100 толщиной 20 мм;

при плитах из полистирольного пенопласта плотностью 35 кг/м³ — ровные поверхности плит.

В зимних условиях для устройства стяжек используют цементно-песчаный раствор на керамзитовом песке с добавлением поташа в количестве 10—15% от массы цемента.

Органические теплоизоляционные материалы (жесткие минераловатные плиты, торфоплиты и др.) перед устройством цементно-песчаной стяжки покрывают слоем пергамина или рубероида насухо с промазкой швов битумной мастикой. В выравнивающих стяжках предусматривают устройство температурных швов шириной 5—10 мм, которые должны разделять поверхности стяжки на участки 6×6 м. Поверхность песчано-цементной стяжки покрывают грунтом — раствором битума в соляровом масле или керосине в соотношении (по весу) 1:2. Если огрунтовку производят сразу (в первые часы) после укладки раствора, применяют медленно испаряющиеся растворители, огрунтованная поверхность не нуждается в защите от действия солнечных лучей. При огрунтовке стяжки после отвердения ее защищают от интенсивного действия солнечных лучей и испарения влаги и поливают водой 1—2 раза в день. В этом случае стяжку следует огрунтовывать раствором солярового масла в керосине.

Водоразоляционный ковер плоских кровель холодильников выполняют из пяти слоев гидроизола марок ГИ-1 и ГИ-2 (ГОСТ 7415—74) или пяти слоев рубероида марки РМ-350 (ГОСТ 10923—76) или четырех слоев стекло-рубероида марки С-РМ (ГОСТ 15879—70).

Рулонные материалы на горячей битумной

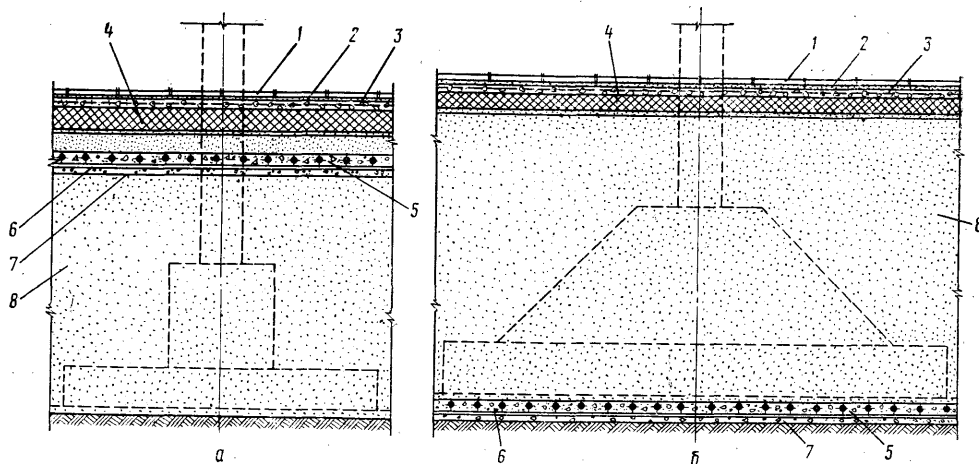


Рис. IV—16. Пол с электрообогревом грунта:

а—над фундаментами; б—под фундаментами; 1—покрытие из мозаичных бетонных плит; 2—цементная прослойка; 3—армобетонная стяжка; 4—теплоизоляция; 5—бетонная подготовка с электронагревателями; 6—гидроизоляция; 7—бетонная подготовка; 8—засыпка непучинистым грунтом.

мастике МБК-Г-55 применяют в районах севернее географической широты 50° для европейской и 53° для азиатской части СССР, южнее этих районов используют битумную мастику МБК-Г-65. При устройстве плоских кровель с применением небиостойких рулонных материалов мастики антисептируют путем добавки кремнефтористого или фтористого натрия (4—5% массы битума). Защита водоизоляционного ковра осуществляется чистым сухим гравием с размерами зерен 5—10 мм, втопленным в антисептированную горячую битумную мастику. При устройстве покрытия из облегченных строительных конструкций для защитного водоизоляционного ковра применяют фольгоизол, который снижает поглощение покрытием солнечной радиации на 20%.

С крыш холодильника предусматривается наружный отвод воды, неорганизованный у одноэтажных холодильников и организованный—у многоэтажных. При организованном отводе воды применяют карнизы-желоба. Продольные уклоны желобов принимаются $\geq 2\%$. Глубина желоба должна быть не менее 130 мм. Водосточные трубы выполняют из оцинкованной кровельной стали. Площадь поперечного сечения водосточных труб применяется из расчета 1,5 см² поперечного сечения водосточной трубы на 1 м² площади кровли. При неорганизованном отводе воды устраивают железобетонные карнизы с вылетом не менее 60 см.

Размеры карнизов и элементы * их крепления проверяют расчетом на прочность; при

этом, кроме собственного веса, учитывают нагрузку от подвески люлек, равную 500 кг на 1 м карниза.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ДВЕРИ

Двери, применяемые на холодильниках, должны иметь сопротивление теплопередаче не менее 2,6 м²·К/Вт.

Таблица IV—7
Основные параметры прислонных дверей с ручным управлением

Марка двери	Размеры (ширина, высота), мм		Число створок	Масса, кг
	в свету потолка	проемов в стенах и перегородках		
ПДГМ	2000	2220	2	380
	2300	2410		
ПДП-1	2000	2220	2	670
	3300	3410		
ПС-1	1000	1220	1*	260
	2000	2100		

Примечание. ПДГМ—для камер хранения грузов в штабелях; ПДП-1—для камер, оборудованных подвесными путями; ПС-1—служебная дверь.

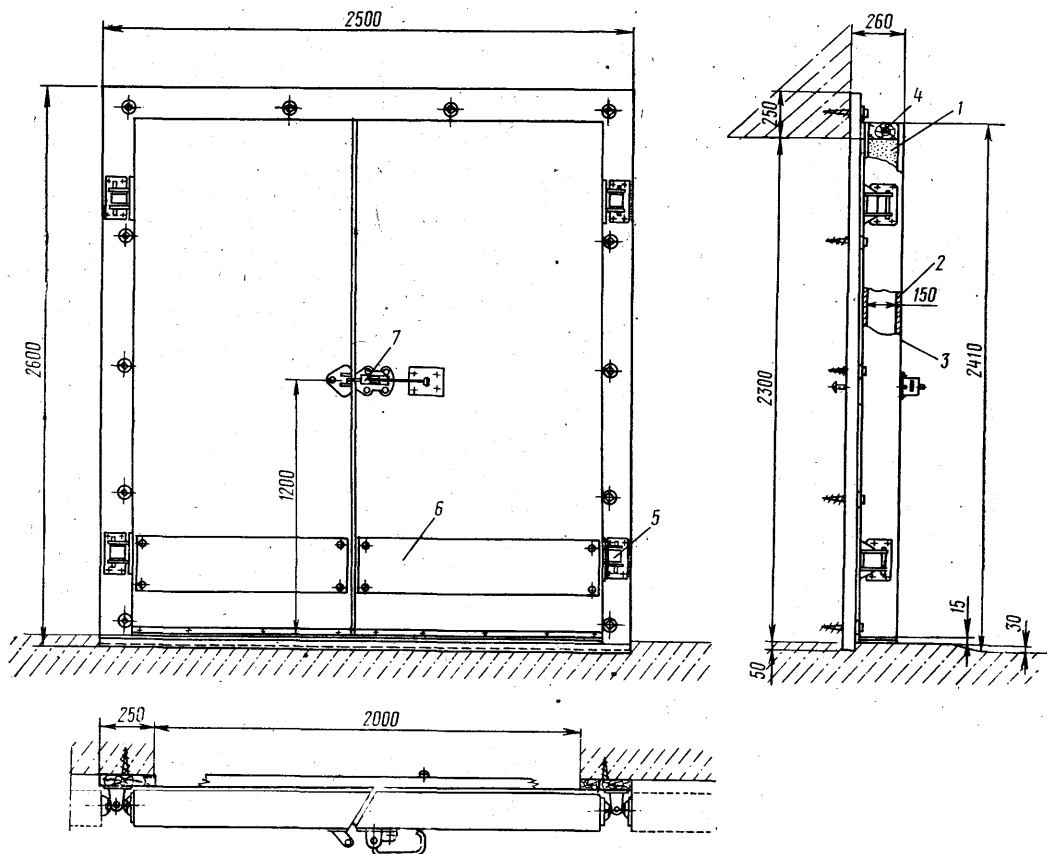


Рис. IV-17. Прислонная дверь грузовая:

1—теплоизоляция; 2—деревянная обшивка; 3—обшивка оцинкованной листовой сталью; 4—деревянная обвязка; 5—навесы; 6—защита от механических повреждений напольным транспортом; 7—запор.

Изоляционные двери бывают прислонные (рис. IV-17) и откатные (рис. IV-18). Основные параметры изоляционных дверей приведены в табл. IV-7 и IV-8.

Деревянный каркас дверей и облицовку с двух сторон выполняют из пиломатериалов (ГОСТ 8486—66, сорт 2-й) влажностью не более 15%, обработанных 3%-ным раствором фтористого натрия; изоляцию из ПСБ-С толщиной 150 мм с защитой ее пароизоляции — из гидроизола, наклеиваемого на горячем битуме.

Двери обшивают с двух сторон оцинкованным стальным листом толщиной 0,51 мм (ГОСТ 8075—56 **). Для уплотнения притворов применяют губчатую резину. В целях исключения обмерзания в дверях предусматри-

вается электрообогрев по всему периметру (см. главу VI).

КОНСТРУКЦИИ ЛИФТОВЫХ ШАХТ, ЛЕСТНИЧНЫХ КЛЕТОК И ВЕСТИБЮЛЕЙ

Вестибюли, лифты и лестничные клетки многотажных холодильников объединяют в один конструктивный блок, отделяемый теплоизоляционными швами от камер хранения замороженных грузов.

Блок помещают у наружных стен охлаждаемого склада. Возможны планировочные решения с размещением блока внутри охлаждаемого склада или вне его.

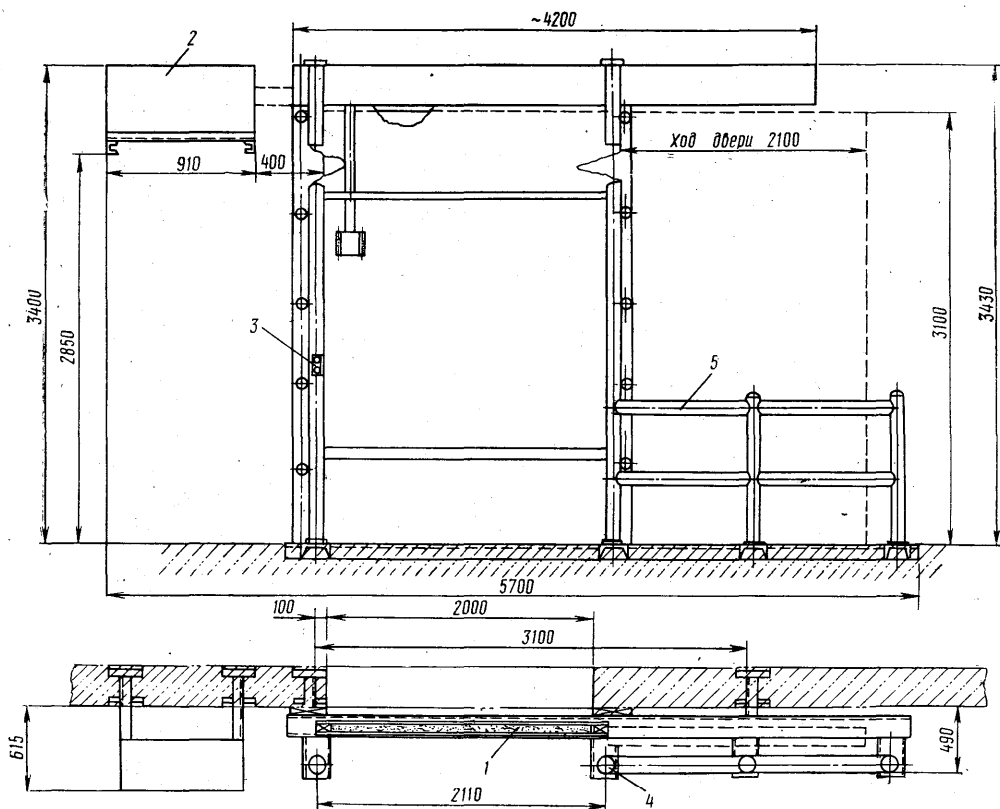


Рис. IV—18. Откатная одностворчатая изолированная дверь:

1—дверное полотно; 2—привод; 3—кнопки управления; 4—конечный выключатель; 5—ограждение.

Таблица IV—8

Основные параметры откатных дверей

Марка двери	Размеры $\left(\frac{\text{ширина}}{\text{высота}} \times \text{толщина}\right)$, мм			Длина хода двери, мм	Число створок	Масса, кг
	в свету	габарит	проемов в стенах и перегородках			
1M0/2×3,1	$\frac{2000}{3100}$	$\frac{5700}{3430} \times 615$	$\frac{2440}{3650}$	2100	1	1035
1M0/2,0×2,3	$\frac{2000}{2300}$	$\frac{5700}{2630} \times 615$	$\frac{2440}{2850}$	2100	1	575

Лифтовые шахты и вестибюли относятся к категории помещений с нерегулируемым температурно-влажностным режимом.

Лестничные клетки в районах с расчетными зимними температурами наружного воздуха -20°C и ниже рекомендуется отапливать, при более высоких температурах их можно не отапливать. Блок лифтовых шахт, лестниц и вестибюля решается обычно по бескаркасной схеме. Перекрытия вестибюлей в этом случае выполняют сборно-монолитными и рассчитывают под нормативную полезную нагрузку $15-20\text{ кПа}$ ($1500-2000\text{ кгс/м}^2$) при коэффициенте перегрузки 1,3.

Несущие стены проектируют в зависимости от требуемой несущей способности из глиняного кирпича или монолитными железобетонными. Стены лифтовых шахт выполняют глухими и гладкими.

Сетчатые ограждения и ниши в стенах не допускаются. Толщина стен лифтовых шахт, выполняемых из кирпича, должна быть не менее 380 мм.

При производстве работ по сооружению стен лифтовых шахт соблюдают их строгую вертикальность.

Машинное отделение лифтов размещают над лифтовыми шахтами. Перекрытия над лифтовыми шахтами выполняют из сборного или монолитного железобетона и рассчитывают на нормативную полезную нагрузку 8 кПа (800 кгс/м^2) с коэффициентом перегрузки 1,3. Нагрузка от подъемного оборудования передается на специальные балки, опорами для которых служат несущие стены шахт.

Помещения машинного отделения лифтов — отапливаемые. В зимнее время температура в машинном отделении не должна быть ниже 5°C .

Перекрытие над лифтовыми шахтами должно иметь сопротивление теплопередаче не менее $1,2\text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

При залегании в основании фундаментов пучинистых грунтов пол лифтовых шахт должен быть теплоизолированным и иметь систему электроподогрева.

Габариты лестничных клеток определяются типом применяемых лестничных конструкций.

Лестничные марши и площадки применяют из унифицированных сборных железобетонных элементов.

Допускается применение стальных косоуров и накладных железобетонных ступеней. В этом случае косоуры должны быть оштукатурены цементным раствором марки 50 по металлической сетке.

ФУНДАМЕНТЫ ПОД ОБОРУДОВАНИЕ И ПОДВЕСНЫЕ ПУТИ

К оборудованию, под которое требуется устраивать специальные фундаменты, относятся компрессоры и их электродвигатели. Фундаменты под компрессоры и электродвигатели проектируют массивными из бетона марки не ниже 200. Фундаменты под компрессоры подлежат расчету на динамические нагрузки. Независимо от результатов расчета рекомендуется принимать отношение массы фундамента к весу установленного на него оборудования не менее четырех.

Подвесные пути рассчитывают на полезную нормативную нагрузку $3,5\text{ кН}$ (350 кгс) на 1 м пути. В многотажных распределительных холодильниках подвесные пути крепят непосредственно к вышележащему перекрытию. В этом случае перекрытие должно быть рассчитано на дополнительную нагрузку 5 кПа (500 кгс/м^2).

В одноэтажных холодильниках подвесные пути крепят к стойкам специального каркаса.

При расположении машинного отделения отдельно от здания холодильника хладотрассы прокладывают по типовым железобетонным или стальным эстакадам либо по облегченным стальным фермам конструкции Гипрохолода.

КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ ПОДСОБНЫХ И АДМИНИСТРАТИВНО-БЫТОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

К подсобным помещениям относятся машинные (компрессорные) отделения, железнодорожные и автомобильные платформы, зарядные станции и т. п., к административно-бытовым — конторские помещения, столовые, гардеробные, душевые, санитарные узлы и др.

Здания, в которых размещаются подсобные и административно-бытовые помещения блокируются с основным зданием холодильника (охлаждаемым складом).

Несущие конструкции этих зданий, перекрытия, покрытия и колонны выполняют из унифицированных сборных железобетонных изделий, стены — из панелей отапливаемых зданий или местных строительных материалов (кирпича, естественных камней и др.).

Помещение аммиачных машинных отделений по пожарной опасности относятся к категории Б, ввиду чего над ними запрещается располагать другие помещения, а площадь их оконных и дверных проемов должна составлять не менее 3% от объема помещения. Конструкции покрытий и стен должны быть негорючими и иметь II степень огнестойкости.

Стены закрытых платформ выполняют из панелей для неотапливаемых зданий. При соответствующих технико-экономических обоснованиях можно применять панели отапливаемых зданий, а также кирпич или другие местные строительные материалы. Покрытия платформ многоэтажных и крупных одноэтажных холодильников проектируют из сборных железобетонных плит по железобетонным балкам или стальным фермам. Устройство покрытий из асбестоцементных листов усиленного профиля в этом случае не рекомендуется. Их можно применять лишь при строительстве одноэтажных холодильников малой емкости, причем листы должны укладываться с уклоном не менее 1/10 с уплотнением швов битумной мастикой.

Здания, в которых размещаются административно-бытовые помещения, проектируют как

многоэтажными с каркасами (по сериям ИИ-04 или ИИ-20), так и одноэтажными. Стены их проектируют из навесных панелей или самонесущими из кирпича или естественных камней.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Карганов Г. А., Мертешов М. Н., Файнштейн В. А. Особенности проектирования многоэтажных холодильников для сейсмических районов — «Холодильная техника», 1972, № 9, с. 14—15.

Проектирование холодильников. М., «Пищевая промышленность», 1972. 310 с. Авт.: Ю. С. Крылов, П. И. Пирог, В. В. Васютович, А. В. Карпов, А. И. Дементьев.

ГЛАВА V

ВОДООХЛАЖДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

БРЫЗГАЛЬНЫЕ БАССЕЙНЫ

В брызгальных бассейнах охлаждение оборотной воды осуществляется разбрызгиванием ее с помощью форсунок над искусственным водоемом.

Брызгальные бассейны используют на предприятиях, расположенных за городом и не стесненных территорией, так как для размещения этих водоохлаждающих устройств требуется большая площадь.

Бассейны выполняют в виде прямоугольника, ориентированного большей стороной перпендикулярно к господствующему летом направлению ветров. Ширина бассейна не должна превышать 30—40 м. Брызгальные бассейны выполняют заглубленными в землю (рис. V-1). Можно устраивать их на крыше здания. В этом случае для уменьшения уноса капель воды ветром бассейны снабжают жалюзийным ограждением высотой 3—3,5 м. При наземном расположении жалюзи заменяют газонным обрамлением. Глубина наземного бассейна 1,5—2 м.

В холодильных установках применяют брызгальные бассейны производительностью по воде до 300 кг/с.

Удельная тепловая нагрузка на 1 м² площади брызгальных бассейнов составляет $q_f = 1 \div 4$ кВт/м². Плотность орошения (количество воды, разбрызгиваемой на 1 м² бассейна) q_w приведена в табл. V-1.

Таблица V-1

Плотность орошения брызгальных бассейнов

Бассейны	Величина q_w [в кг/(м ² ·с)] при производительности бассейна, кг/с					
	50	100	200	300	400	500
С жалюзи	0,13	0,17	0,20	0,23	0,25	0,26
Без жалюзи	0,08	0,10	0,14	0,16	0,18	0,20

Потери воды на унос ветром и испарение составляют в брызгальных бассейнах 3—4% от расхода разбрызгиваемой воды. Разбрызгивающие воду форсунки размещаются над уровнем воды в бассейне на высоте 1—1,5 м. При отсутствии жалюзи расстояние до края бассейна должно приниматься не менее 7 м, а при наличии жалюзи — не менее 4—5 м. Расположение форсунок определяется выбранной плотностью орошения и производительностью одной форсунки с обычным напором 50 кПа (5 м вод. ст.).

Форсунки для разбрызгивания воды выполняются центробежными, чаще всего с тангенциальным вводом воды в завихривающую камеру (рис. V-2, а). Применяют также форсунки с винтовым направляющим аппаратом (рис. V-2, б). В небольших бассейнах используют форсунки с выходным отверстием 20—22 мм и производительностью 1,4—1,7 кг/с, в больших — форсунки соответственно 28—32 мм и 2,2—3,3 кг/с. Гидравлические характеристики форсунок, применяемых в брызгальных бассейнах, приведены на рис. V-3.

Для предотвращения разрушения трубопроводов в результате замерзания в них воды зимой устанавливают специальные дренажные форсунки, через которые вода при остановке ее подачи автоматически сливается из коллекторов и трубопроводов в бассейн.

ОТКРЫТЫЕ ГРАДИРНИ

В открытых градирнях вода охлаждается внутри особого сооружения путем ее разбрызгивания или орошения по специальной оросительной поверхности. Смена воздуха осуществляется за счет ветра и в меньшей части за счет эжектирующего действия форсунок.

Различают два типа открытых градирен: брызгальные (вода разбрызгивается мелкими каплями с помощью форсунок) и капельные (вода орошает расположенные в несколько ярусов деревянные поверхности).

Брызгальные градирни

Градирни этого типа представляют собой подобие брызгального бассейна, окруженного высокими жалюзи с форсунками, поднятыми на 2—4 м над уровнем воды в поддоне (рис. V-4). Производительность этих градирен от

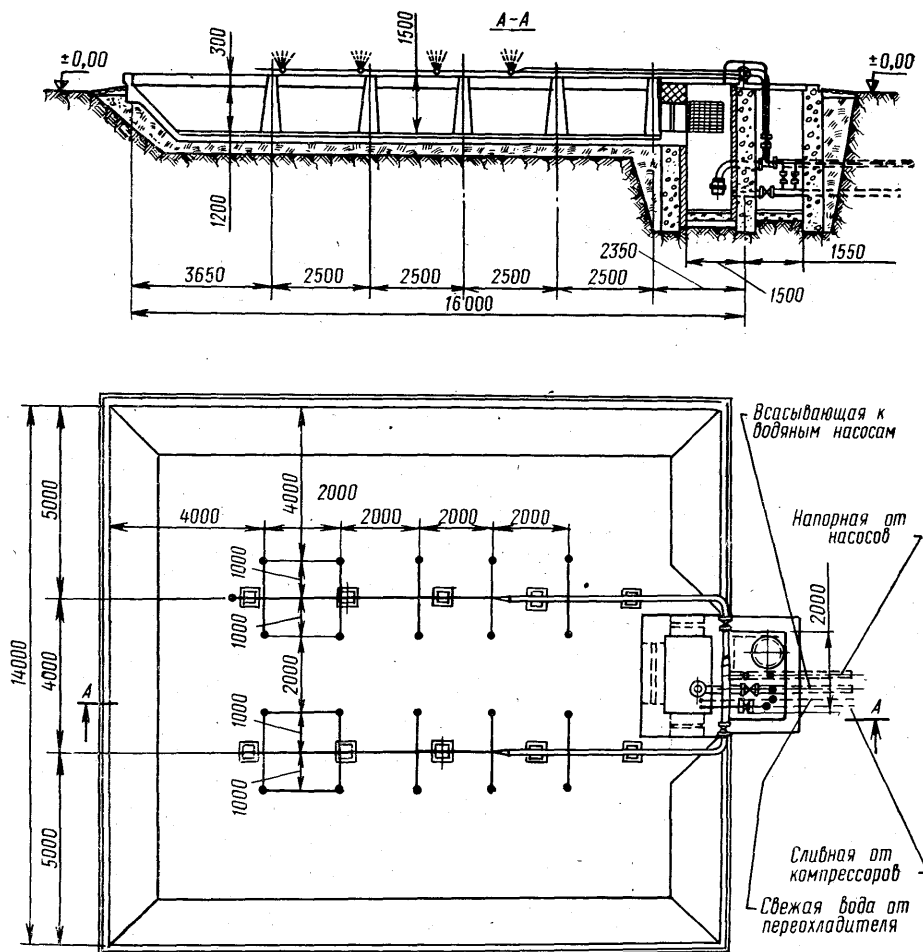


Рис. V—1. Наземный брызгальный бассейн.

0,3 до 100 кг/с охлажденной воды. Ширина градирен не превышает 5 м. Большая сторона градирен должна быть ориентирована перпендикулярно направлению господствующего ветра.

Плотность орошения принимают в крупных брызгальных градириях $0,5\text{--}1\text{ кг}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$, в малых (до 6 кг/с) — $1\text{--}2\text{ кг}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$. Удельная тепловая нагрузка $5\text{--}15\text{ кВт}/\text{м}^2$. Факел форсунки может быть направлен вверх (что увеличивает обмен воздуха, однако повышает унос воды) или вниз. Коэффициент охлаждения брызгальной градири в среднем $U=0,5\div 0,6$, для высоты расположения форсунок 2 м и $U=0,8\div 0,9$ — для высоты 4 м. Подохлажде-

ние воды в градириях $2\text{--}4^\circ\text{С}$. Благодаря небольшой массе и отсутствию движущихся частей открытые брызгальные градири удобно располагать на крыше зданий. Разработанная во ВНИИХИ малая открытая брызгальная градирия предназначена для небольших торговых холодильных установок, размещаемых в городских условиях. Преимуществом этой градири является небольшой уровень шума.

Капельные градири

Капельные градири представляют собой каркасное сооружение, состоящее из распределительного устройства 1, оросительной поверхно-

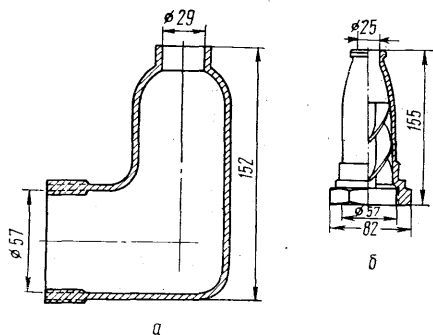


Рис. V—2. Форсунок для брызгальных бассейнов:

a—с тангенциальным вводом воды (конструкция Союзводоканалпроекта); *б*—с винтовым направляющим аппаратом (конструкция МОТЭПа—Московского отделения Теплоэлектропроекта).

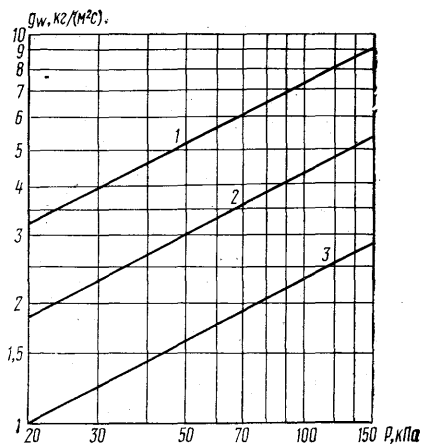


Рис. V—3. Гидравлические характеристики форсунок:

1—диаметром 50/25 конструкции МОТЭП; 2—диаметром 50/25 конструкции Союзводоканалпроекта; 3—диаметром 32/16 конструкции Союзводоканалпроекта.

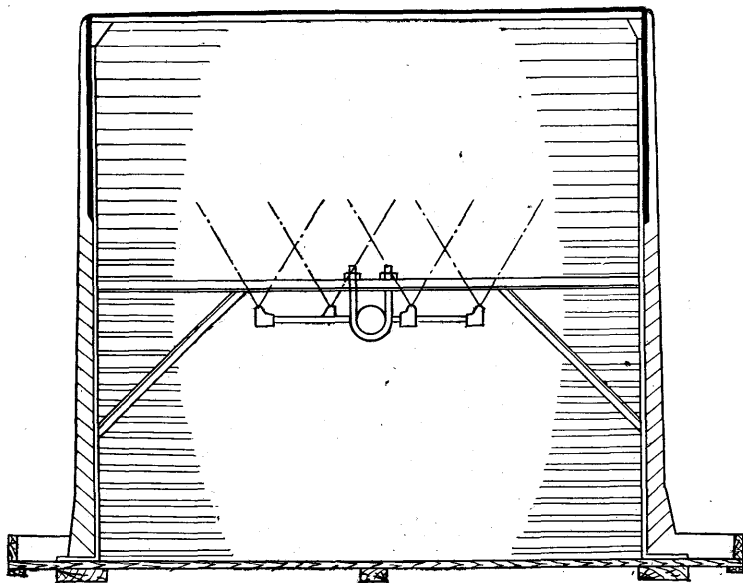


Рис. V—4. Открытая брызгальная градирня.

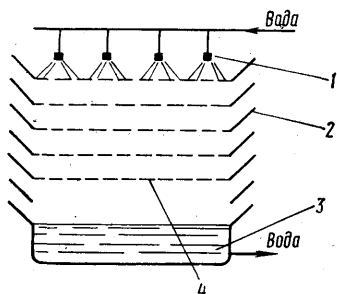


Рис. V—5. Открытая каплевая градирня.

сти 4, жалюзи 2 и поддона 3 (рис. V-5). Распределительное устройство выполняют из деревянных желобов. Вода через цилиндрические керамические насадки, устроенные в дне желобов, стекает на разбрызгивающие розетки, от которых и распределяется равномерно по сечению градирни. В небольших градирнях орошение поверхности производят с помощью форсунок. Градирня может иметь два оросительных устройства. Летом воду подают в верхнее устройство, зимой во избежание обмерзания — в нижнее, расположенное на половине высоты градирни. Оросительную поверхность (решетник) выполняют из деревянных брусков трехугольной или прямоугольной формы, располагаемых в несколько ярусов (8—12) на расстоянии по высоте 0,5—1,0 м друг от друга. Для лучшего распределения воды по поверхности направление брусков в каждом ярусе изменяется на $1,5708$ рад (90°) по сравнению с выше и ниже лежащими. Ширина градирни не должна превышать 6 м. Высота составляет 5—9 м. Градирни располагают продольной осью перпендикулярно направлению преобладающего ветра. Открытые каплевые градирни имеют производительность от 1 до 400 кг/с охлажденной воды. Подохлаждение воды в открытых каплевых градирнях, обслуживающих холодильные установки, выбирается в пределах до 5°C . Плотность орошения в каплевых градирнях обычно выбирается в пределах $0,5\text{—}1$ кг/($\text{м}^2\cdot\text{с}$), а удельная тепловая нагрузка до 25 кВт/ м^2 .

ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ ГРАДИРНИ

В вентиляторных градирнях, осуществляющих охлаждение воды путем ее разбрызгивания по специальной поверхности, смена воздуха производится с помощью вентиляторов.

Создаваемый в вентиляторных градирнях устойчивый поток воздуха, практически не зависящий от силы ветра, позволяет поддержи-

вать более стабильные температуры охлаждаемой воды, а также обеспечивает большую компактность этих градирен по сравнению с открытыми градирнями и брызгальными бассейнами. Вентиляторная градирня (рис. V-6) состоит из кожуха, орошаемой насадки, оросительного устройства, каплеотделителя и вентиляторов. Градирни выполняются с верхним и нижним расположением вентилятора.

Наиболее часто применяется верхнее расположение вентиляторов, обеспечивающее лучшее распределение воздуха в градирне и исключающее попадание увлажненного выходящего воздуха вторично в орошаемую насадку.

Удельные тепловые нагрузки в вентиляторных градирнях на 1 м^2 их горизонтального сечения для холодильных установок при регулярной насадке составляют до $60\text{—}80$ кВт/ м^2 , плотность орошения до $4\text{—}5$ кг/($\text{м}^2\cdot\text{с}$).

Основным элементом вентиляторной градирни является оросительная насадка. Наиболее распространенные типы орошаемых насадок приведены на рис. V-7; техническая характеристика некоторых видов насадок — в табл. V-2.

В крупных градирнях орошаемая насадка выполняется из асбестоцементных или деревянных щитов, располагаемых на расстоянии $20\text{—}60$ мм друг от друга. В небольших и средних градирнях применяется сотоблочная или щелевая регулярная насадка, состоящая из небольших вертикальных каналов с эквивалентным диаметром $2\text{—}5$ мм. Насадку выполняют из пористых пластмасс, бумаги, пропитанной эпоксидной смолой, или из алюминиевой фольги толщиной $0,2$ мм. Меньшее распространение получили насадки из деревянных брусков (из-за их повышенного аэродинамического сопротивления), весьма редко применяют насыпную насадку из колец Рашига, кусков кокса и т. п. Компактной является насадка из капроновых сеток с сечением нити $2\times 0,1$ мм, однако ее существенным недостатком является также повышенное аэродинамическое сопротивление.

Градирни типа ГПВ конструкции ВНИИХ

Вентиляторные пленочные градирни (ГПВ) конструкции ВНИИХ (производительность до 370 кВт) применяют для малых и средних холодильников. Градирни представляют собой сварной корпус из листовой стали с размещенными в нем орошаемой насадкой, каплеотделителем и водораспределителем (рис. V-8). Над корпусом расположен осевой вентилятор.

Под корпусом размещен резервуар для сбора охлажденной воды, снабженный поплавковым устройством, регулирующим подачу све-

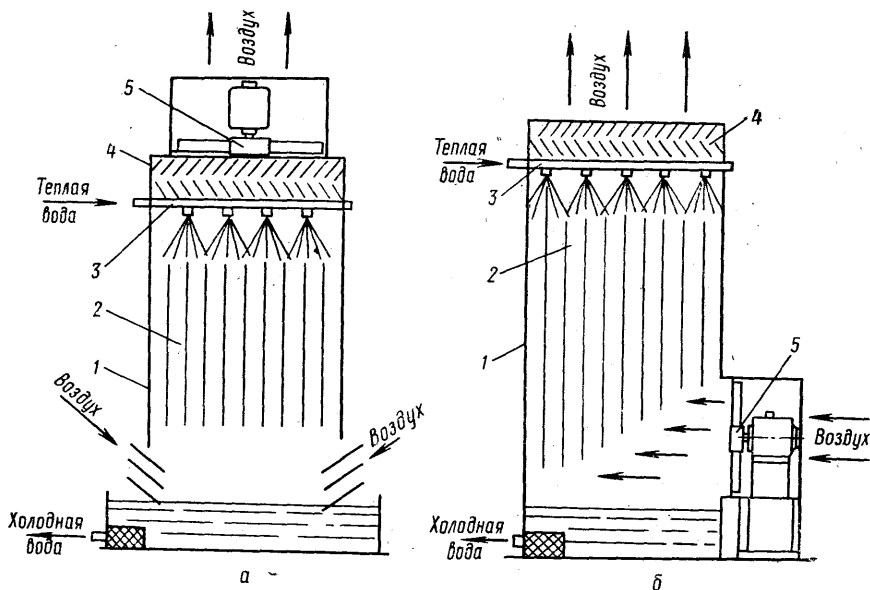


Рис. V-6. Вентиляторная градирия:

а—с верхним расположением вентиляторов; *б*—с нижним расположением вентиляторов; 1—кожух; 2—орошаемая насадка; 3—орошительное устройство; 4—каплеотделитель; 5—вентилятор.

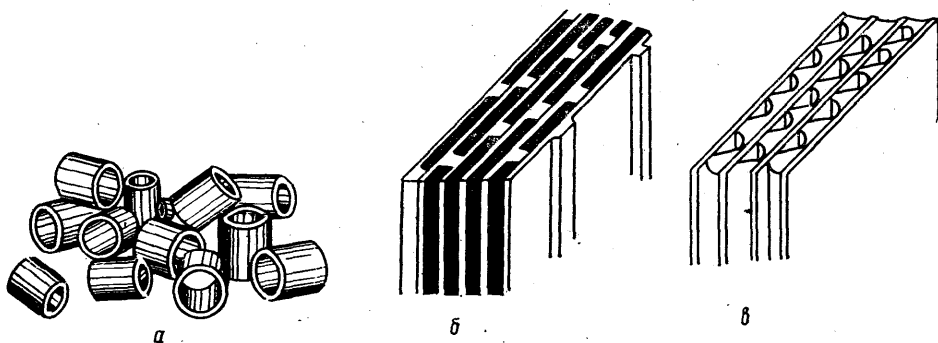


Рис. V-7. Орошаемые насадки:

а—кольца Рашига; *б*—щелевая; *в*—сотоблочная.

жей воды. Водораспределитель форсуночный. Форсунки — центробежные со специальным устройством, обеспечивающим сплошную структуру факела. Гидравлическая характеристика форсунок приведена на рис. V-9. Для насадки применены пластины мипластовых сепараторов из полихлорвиниловой смолы, выпускаемые для электрических аккумуляторов (см. табл. V-2). Пластины набирают в кассеты и вставляют в корпус через имеющееся в нем бо-

ковое отверстие. Нижние концы пластин вырезаны в виде зубцов для лучшего стока воды. Материал пластин обладает хорошей смачиваемостью и стойкостью к воздействию воды и кислот. Поэтому освобождение пластин от накипи осуществляется путем погружения касет с насадкой в резервуар с технической соляной или серной кислотой на 3—5 мин с последующей промывкой их водой.

Таблица V—2

Техническая характеристика насадок

Насадка	Размеры элемента насадки, мм	Удельная поверхность F_v , м ² /м ³	Удельная масса M_v , кг/м ³	Свободный объем** (коэффициент живого сечения) $V_{св}$	Эквивалентный диаметр сечения $d_э$ ***, мм
Насыпная					
куски кокса	43	77	455	0,560	29,2
	25	120	600	0,532	17,8
керамические кольца Рашига	50×50×5	87,5	515	0,785	36,0
	25×25×3	204	625	0,740	14,1
	15×15×2	330	720	0,700	8,5
Регулярная					
асбоцементные щиты $\delta=5$ мм	40*	44,5	44	0,89	80
	10*	133	130	0,67	20
сотоблочная из гофрированной бумаги	4,7	580	170	0,83	5,74
	3,7	1170	175	0,825	2,83
	2,3	1500	375	0,626	1,67
щелевая (мипластовые сепараторы)	2*	690	368	0,63	3,65
	1,5*	820	445	0,55	2,68
Сетчатая из капроновой плоской нити	ячейка 2×2	2000	—	0,85	1,70

* Ширина щели в свету.

** $V_{св}$ — объем пустот на 1 м³ насадки (порозность).

$$*** d_э = \frac{4V_{св}}{F_v}.$$

Техническая характеристика градири типа ГПВ дана в табл. V-3. Монтажные размеры этих градири приведены на рис. V-10 и в табл. V-4.

Градири ГПВ могут быть установлены внутри или вне помещения. В первом случае соединяют верхний раструб градири с воздухопроводом для выброса отработанного воздуха. Воздуховод должен быть по возможности коротким, для чего градири помещают ближе к стенке, через которую выводится воздуховод. Помещение оборудуют соответствующей приточной вентиляцией. При наружной установке градири изолируют водяные трубопроводы, на которых имеются краники для спуска воды при длительной остановке зимой. Кроме того, предусматривают ручное или автоматическое выключение электродвигателя вентилятора для оттаивания льда, намерзающего на входных решетках градири. Решетки ото льда можно очищать и ручным способом.

Градири конструкции Союзводоканал-проекта

Вентиляторные секционные градири Союзводоканалпроекта (производительность 0,2—7 тыс. кВт) выпускаются для крупных и средних холодильников.

Градири выполняют с отсасывающими и нагнетательными вентиляторами, с оросителями капельного и пленочного типа.

Градири с секциями площадью 2 и 8 м² имеют расположенные внизу нагнетательные вентиляторы (рис. V-11). Каркасы изготовляют из древесины или из стальных прокатных профилей. Обшивка может быть выполнена из древесины, асбоцементных плит и стеклопластика, насадка оросителя — из древесины или из пластмассовой перфорированной пленки.

Более крупные градири выполняют верхним расположением вентиляторов (табл. V-5).

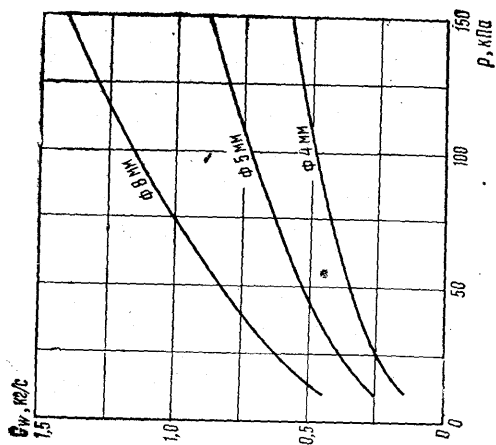


Рис. V—9. Гидравлическая характеристика центробежных форсунок, примененных в градирнях типа ГПВ.

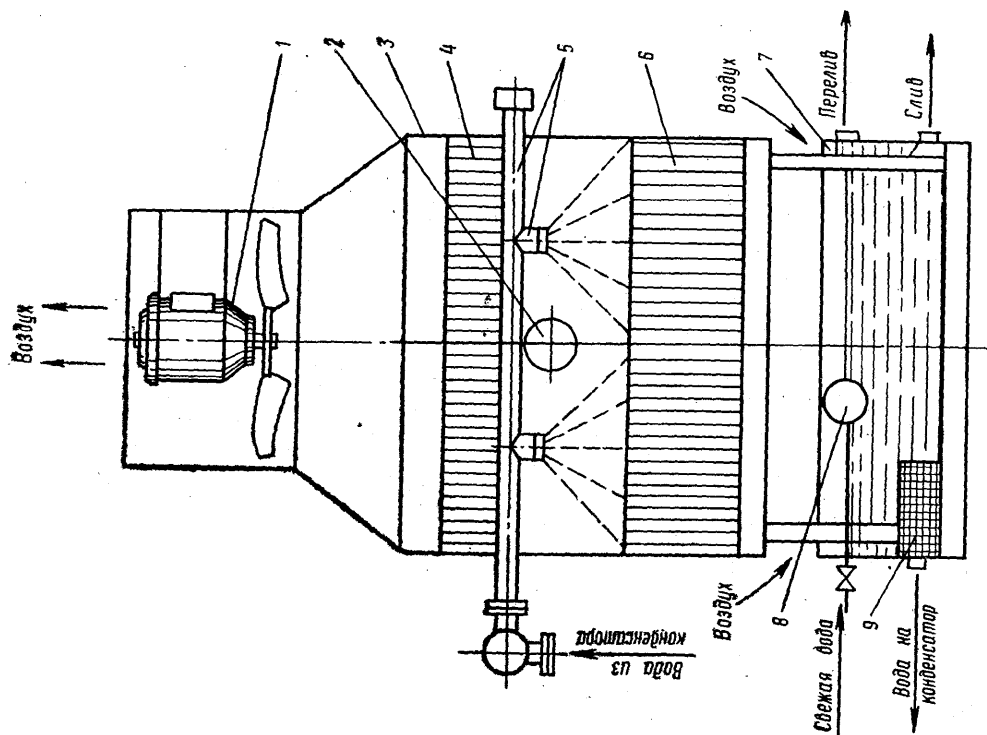


Рис. V—8. Гради́рня типа ГПВ:

1—вентиляционный агрегат; 2—смотровой люк; 3—карт-пус градирни; 4—каплеотделитель; 5—водораспределитель; 6—насадка; 7—резервуар охлажденной воды; 8—поплачковое устройство; 9—фильтр.

Техническая характеристика градирен типа ГПВ конструкции ВНИИХ

Показатели	ГПВ-10М2	ГПВ-20М	ГПВ-40М	ГПВ-80	ГПВ-160	ГПВ-320
Тепловая производительность ($\Delta t_w = 5^\circ \text{C}$), кВт (1000 ккал/ч)	11,63 (10)	23,26 (20)	46,52 (40)	93,04 (80)	186,1 (160)	372,16 (320)
Теплопередающая поверхность насадки орошителя, м ²	25	51	112	206	463	772
Расход охлаждаемой воды, кг/с	0,555	1,11	2,22	4,44	8,88	17,76
Расход воздуха, м ³ /с	0,546	1,14	2,50	4,52	10,20	16,90
Фронтальное сечение, м ²	0,21	0,44	0,96	1,74	3,92	6,5
Живое сечение для прохода воздуха, м ²	0,13	0,28	0,605	1,10	2,47	4,1
Скорость воздуха в живом сечении, м/с	4,20	4,07	4,14	4,11	4,13	4,12
Удельная тепловая нагрузка, отнесенная к фронтальному сечению градирни, кВт/м ²	55,4	52,9	48,5	53,5	47,5	57,3
Плотность орошения, кг/(м ² ·с)	2,65	2,52	2,32	2,55	2,26	2,73
Сопротивление проходу воздуха, Па	140	140	140	160	160	160
Диаметр крыльчатки вентилятора, мм	400	630	800	1000	1250	2×1250
Частота вращения вентилятора, мин ⁻¹	1400	950	950	950	720	720
Мощность, потребляемая электродвигателем вентилятора, кВт	0,38	0,76	1,2	1,85	3,7	7,4
Форсунки водораспределителя						
диаметр выходного отверстия, мм	4	8	5	8	8	8
количество, шт.	2	1	4	4	9	24
Размеры градирни, мм						
основание в плане	484×780	848×848	1178×1178	1580×1580	2212×2244	2212×3540
корпус в плане	572×680	660×736	990×1066	1320×1420	2080×2080	2080×3405
общая высота	1238	1600	1780	2200	2520	2485
Масса, кг	100	232	328	689	1264	2006

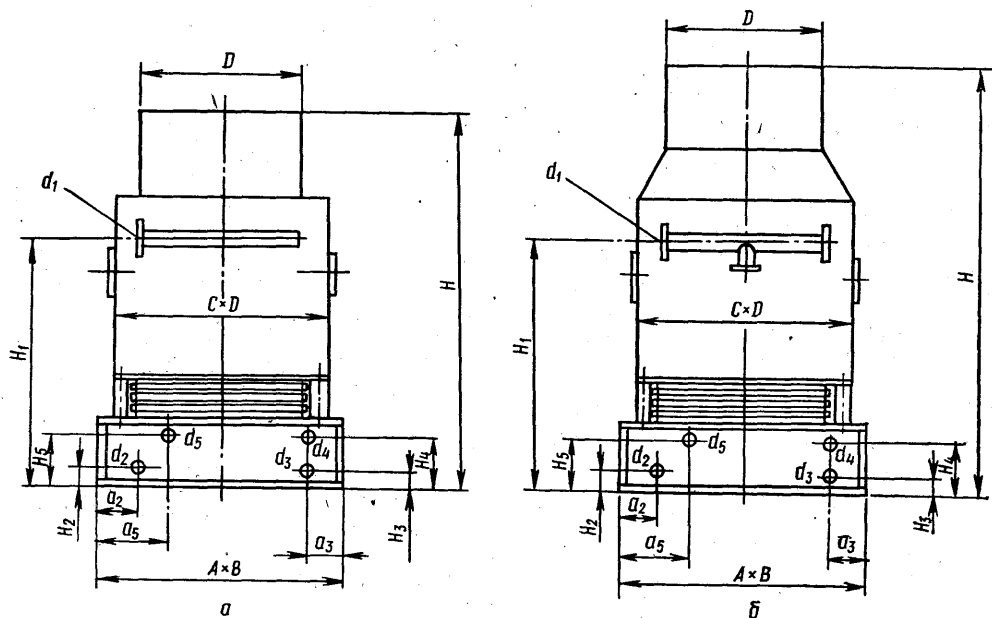


Рис. V—10. Монтажные размеры градирен ГПВ:

а—ГПВ-20М и ГПВ-40М; *б*—ГПВ-80 и ГПВ-160 (d_1 —подвод волю к водораспределителю, d_2 —отвод воды из градирни, d_3 —слив воды, d_4 —перелив воды, d_5 —подвод свежей воды).

Таблица V—4

Монтажные размеры градирен типа ГПВ

Обозначение размеров на рис. V—10	Размеры градирен, мм			
	ГПВ-20М	ГПВ-40М	ГПВ-80	ГПВ-160
$A \times B$	848—848	1178×1178	1580×1580	2244×2212
$C \times D$	736×660	1066×990	1420×1320	2080×2080
H	1600	1780	2200	2520
D	600	800	1000	1200
H_1	990	1010	1160	1260
H_2	80	80	80	70
H_3	55	55	80	60
H_4	220	220	230	230
H_5	240	240	250	250
a_2	200	200	500	500
$a_3 = a_4$	180	180	150	300
a_5	300	300	380	350
d_1	40	40	50	80
d_2	40	40	50	80
d_3	25	25	50	50
d_4	25	25	50	50
d_5	15	15	15	15

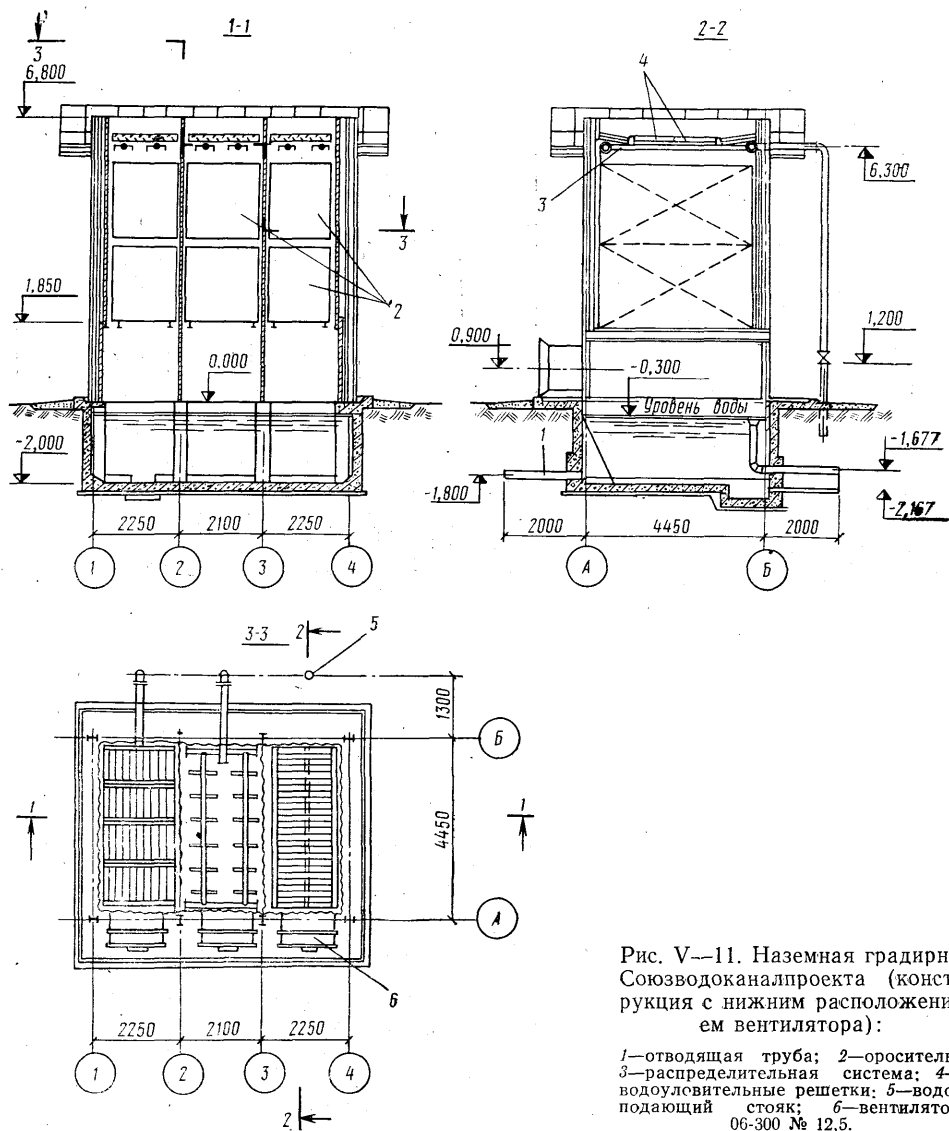


Рис. V-11. Наземная градирня
Союзводоканалпроекта (конструкция с нижним расположением вентилятора):

1—отводящая труба; 2—ороситель;
3—распределительная система; 4—
водоуловительные решетки; 5—водо-
подающий стояк; 6—вентилятор
06-300 № 12.5.

Для циркуляции воздуха используют осевые вентиляторы диаметром 800 и 1250 мм. Вентиляторы устанавливают на отдельных бетонных фундаментах и соединяют с градирнями-диффузорами. Под градирней расположен заглубленный в землю резервуар для сбора охлажденной воды, оборудованный трубопроводом и защитной решеткой, отводящими охлажденную воду; переливной трубой с воронкой для отвода избытка воды из системы в

канализацию; грязевой трубой (для выпуска воды при освобождении резервуара) и трубой свежей воды с поплавковым устройством.

Водосборный резервуар выполняется из монолитного железобетона.

Градирни, предназначенные для размещения на кровлях (рис. V-12), выполняют со сточными поддонами облегченного типа, для каркаса, обшивки и оросителя применяют алюминиево-магниевого сплавы.

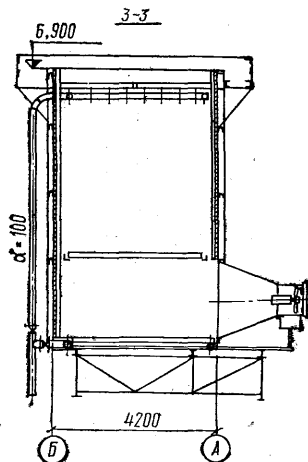
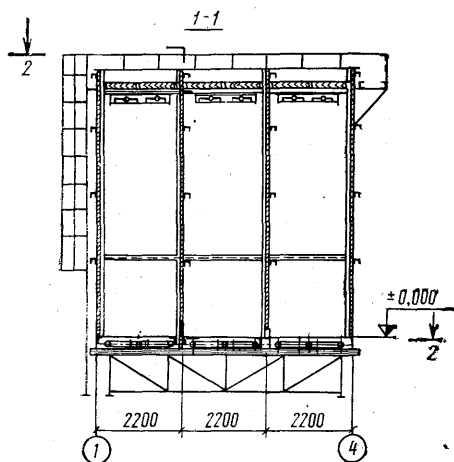
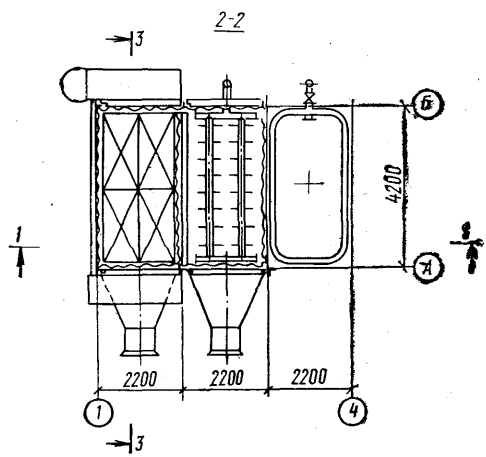


Рис. V—12. Градирня, размещаемая на кровле, с нижним расположением вентиляторов (конструкция Союзводоканалпроекта).



теля можно применять полимерные материалы — полиэтилен, полистирол, стеклопластики. Типы и характеристика градирен площадью до 96 м² приведены в табл. V-6.

Таблица V—5
Виды градирен конструкции
Союзводоканалпроекта

Градирня	Количество секций в градирне	Размер градирни в плане, м	Площадь орошения, м ²
С нижним расположением вентилятора наземная (рис. V—11)	2	4×4	16
	3	6×4	24
	2	4×4	16
	3	4×6	24
	5	4×10	40
С верхним расположением вентилятора (рис. V—13)	2	4×8	32
	3	4×12	48
	4	4×16	64
	5	4×20	80
	6	4×24	96

Градирни с секциями 16 м² выполняют площадью до 96 м². У этих градирен вентиляторы устанавливают сверху, по одному на каждую секцию (рис. V-13). Каркас градирни представляет собой сборно-железобетонную конструкцию. Наружная и межсекционная обшивка градирен выполняется из асбестоцементных волнистых листов усиленного профиля. Применяют и цельнодеревянное исполнение градирни. Водосборный бассейн может быть выполнен в двух вариантах: сборно-монокричным и монокричным. Каркасы градирен могут быть также изготовлены из стали, алюминиево-магниевых сплавов. Для обшивок и ороси-

Техническая характеристика градирен

Пло- щадь секции, м ²	Коли- чество секций	Фрон- тальное горизон- тальное сече- ние, м ²	Тепловая производи- тельность ($\Delta t_w = 5^\circ \text{C}$)		Коли- чество охлаж- денной воды, кг/с	Диаметр крыльчатки вентилято- ра, мм	Частота вращения вентилято- ра, мин ⁻¹	Мощность установоч- ная электродви- гателей вентилято- ров, кВт	Насадка
			кВт	тыс. ккал/ч					
2*	2	4	232	200	11,1	800	930	2,2	Капельная или пленочная
	4	8	464	400	22,2	800	930	4,4	
	6	12	696	600	33,3	800	930	6,6	
8*	2	16	928	800	44,4	1250	750	6,0	То же
	3	24	1392	1200	66,6	1250	750	9,0	
2*	2	4	232	200	11,1	800	930	2,2	»
	4	8	464	400	22,2	800	930	4,4	
	6	12	696	600	33,3	800	930	6,6	
8*	3	24	1392	1200	66,6	1250	750	9,0	Пленочная или капельная
	2	16	928	800	44,4	1250	750	6,0	
2**	2	4	163	140	7,8	800	930	1,7	Капельная или пленочная
	3	6	244	210	11,7	800	930	2,55	
	4	8	325	280	15,6	800	930	3,4	
	5	10	406	350	19,5	800	930	4,25	
	6	12	487	420	23,4	800	930	5,1	
8**	2	16	650	560	31,2	1200	730	4,5	То же
	3	24	975	840	46,7	1200	730	6,75	
	5	40	1624	1400	78,0	1200	730	11,25	
16**	2	32	2227	1920	106,7	2500	378	20	Пленочная
	3	48	3341	2880	160,0	2500	378	30	
	4	64	4455	3840	213,3	2500	378	40	
	5	80	5568	4800	266,6	2500	378	50	
	6	96	6682	5760	320,0	2500	378	60	
16***	2	32	1300	1120	62,2	2500	378	20	Брызгальная
	3	48	1950	1680	93,3			30	
	4	64	2600	2240	124,4			40	
	5	80	3250	2800	155,6			50	
	6	96	3900	3360	186,7			60	

Таблица V—6

конструкции Союзводоканалпроекта

Размеры, м		Удельная тепловая нагрузка, кВт/м ²	Плотность орошения, кг/(м ² ·с)	Материал		
корпуса в плане	высота от уровня земли			насадки	обшивки	каркаса
2×2	10	58	2,78	Древесина	Древесина	Древесина
2×4	10	58	2,78			
2×6	10	58	2,78			
4×4	10	58	2,78	»	»	»
4×6	10	58	2,78			
2×2	6,5	58	2,78	»	Асбестоцемент или стеклопластик	Стальной прокат- ный профиль
2×4	6,5	58	2,78			
2×6	6,5	58	2,78			
4×6	6,8	58	2,78	»	То же	То же
4×4	6,8	58	2,78			
2×2	5,8	40,6	1,95	Капельная — дре- весина, пленоч- ная — древесная или пластмассовая перфорированная пленка	Асбестоцемент	Сталь
2×3	5,8	40,6	1,95			
2×4	5,8	40,6	1,95			
2×5	5,8	40,6	1,95			
2×6	5,8	40,6	1,95			
4×4	6,9	40,6	1,95	То же	То же	»
4×6	6,9	40,6	1,95			
4×10	6,9	40,6	1,95			
4×8	10,56	69,6	3,33	Древесина или полиэтилен	Древесина или асбестоцемент	»
4×12	10,56	69,6	3,33			
4×16	10,56	69,6	3,33			
4×20	10,56	69,6	3,33			
4×24	10,56	69,6	3,33			
4×8	10,56	40,6	1,94	»	»	»
4×12						
4×16						
4×20						
4×24						

Пло- щадь секции, м ²	Коли- чество секций	Фрон- тальное гори- зон- тальное сече- ние, м ²	Тепловая производи- тельность ($\Delta t_w = 5^\circ \text{ T}$)		Коли- чество охлаж- денной воды, кг/с	Диаметр крыльчатки вентилято- ра, мм	Частота вращения вентилято- ра, мин ⁻¹	Мощность установоч- ная электро- двигателя вентилято- ра, кВт	Насадка
			кВт	тыс., ккал/ч					
16***	2	32	1300	1120	62,2	2500	378	20	Капельная
	3	48	1950	1680	93,3			30	
	4	64	2600	2240	124,4			40	
	5	80	3250	2800	155,6			50	
	6	96	3900	3360	186,7			60	
16***	2	32	2227	1920	106,7	2500	380	20	Пленочная
	3	48	3341	2880	160,0			30	
	4	64	4455	3840	213,3			40	
	5	80	5568	4800	266,6			50	
	6	96	6682	5760	320,0			60	
16***	2	32	1300	1120	62,2	2500	380	20	Брызгальная
	3	48	1950	1680	93,3			30	
	4	64	2600	2240	124,4			40	
	5	80	3250	2800	155,6			50	
	6	96	3900	3360	186,7			60	
16***	2	32	1300	1120	62,2	2500	380	20	Капельная
	3	48	1950	1680	93,3			30	
	4	64	2600	2240	124,4			40	
	5	80	2250	2800	155,6			50	
	6	96	3900	3360	186,7			60	
16***	2	32	1300	1120	62,2	2500	380	20	»
	3	48	1950	1680	93,3			30	
	4	64	2600	2240	124,4			40	
	5	80	2250	2800	155,6			50	
	6	96	3900	3360	186,7			60	
16***	2	32	2227	1920	106,7	2500	380	20	Пленочная
	3	48	3341	2880	160,0			30	
	4	64	4455	3840	213,3			40	
	5	80	5568	4800	266,7			50	
	6	96	6682	5760	320,0			60	

* Градирня с нижним расположением вентилятора (см. рис. V—11)

** Градирня, расположенная на кровле с нижним расположением вентилятора (см. рис.

*** Градирня с верхним расположением вентилятора (см. рис. V—13).

Размеры, мм		Удельная тепловая нагрузка, кВт/м ²	Плотность орошения, кг/(м ² ·с)	Материал		
корпуса в плане	высота от уровня земли, м			насадки	обшивки	каркаса
4×8 4×12 4×16 4×20 4×24	10,56	40,6	1,94	Древесина или полиэтилен	Древесина или асбестоцемент	Сталь
4×8 4×12 4×16 4×20 4×24	11,12	69,6	3,33	Древесина	Асбестоцемент	Сборный железобетон
4×8 4×12 4×16 4×20 4×24	11,12	40,6	1,94	»	»	То же
4×8 4×12 4×16 4×20 4×24	11,12	40,6	1,94	»	»	»
4×8 4×12 4×16 4×20 4×24	10,07	40,6	1,94	»	Древесина	Древесина
4×8 4×12 4×16 4×20 4×24	10,07	69,6	3,33	»	»	»

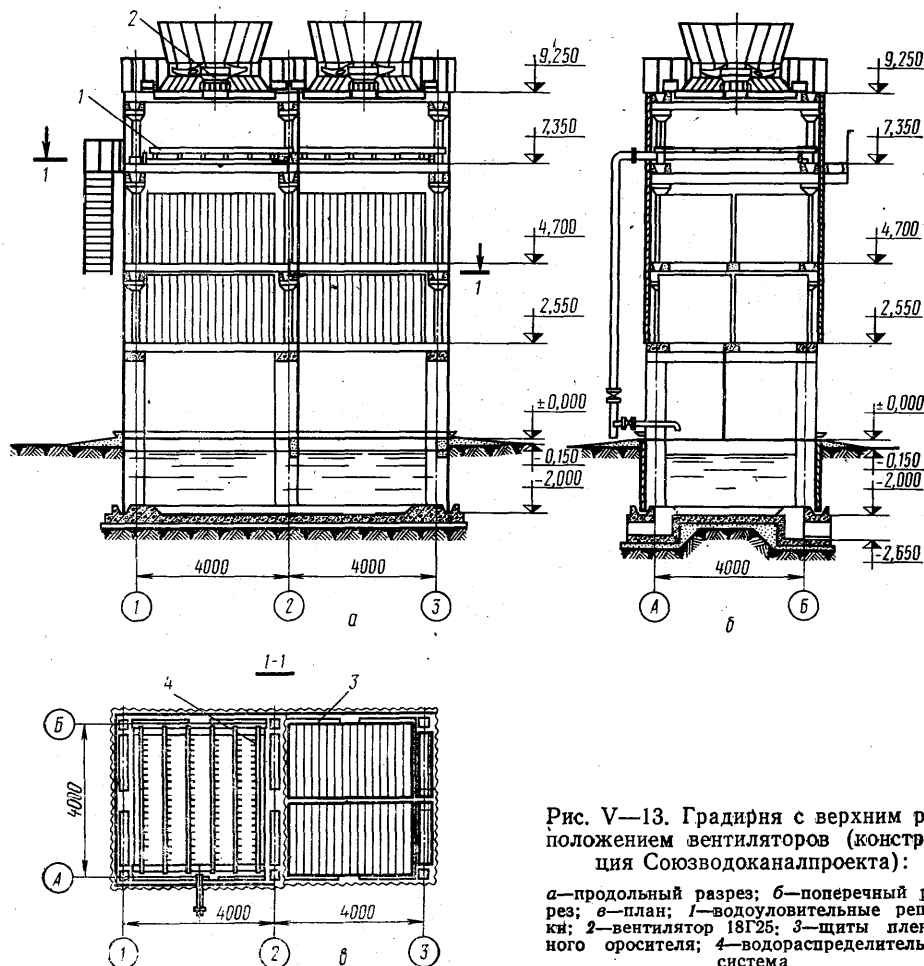


Рис. V—13. Градирня с верхним расположением вентиляторов (конструкция Союзводоканалпроекта):

а—продольный разрез; б—поперечный разрез; 1—волоудовительные решетки; 2—вентилятор 18Г25; 3—щиты пленочного оросителя; 4—водораспределительная система

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДООХЛАДИТЕЛИ

В поверхностных (радиаторных) водоохладителях вода охлаждается, протекая по оребренным трубкам, которые обдуваются снаружи воздухом. Радиаторные водоохладители применяют в стационарных холодильных установках при полном отсутствии воды или при очень плохом ее качестве.

В качестве оребренной поверхности используют отопительные водяные калориферы с расчетной скоростью движения воздуха 5—8 м/с и скоростью движения воды в трубках не менее 0,5 м/с. Паровые калориферы не рекомен-

дуются из-за малой скорости движения воды в них.

Методика расчета поверхностных водоохладителей аналогична методике расчета воздушных конденсаторов, за исключением коэффициента теплоотдачи на внутренней поверхности трубок, который вычисляют по уравнениям.

РАЗМЕЩЕНИЕ ВОДООХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

При размещении водоохлаждающих устройств на территории предприятия учитывают минимальные расстояния между водоохлаж-

Таблица V—7

Минимальные расстояния между водоохлаждающими устройствами и сооружениями

Сооружения	Расстояние (в м) до		
	брызгального устройства (брызгального бассейна, открытой градирни)	крупных одновентиляторных градирен	секционных вентиляторных градирен
Здания со стенами из плотных материалов, выдерживающих более чем 15-кратное замораживание (кирпич)	60	20	30
Здания со стенами из легких бетонов, выдерживающих менее чем 25-кратное замораживание	80	30	50
Открытые электрические подстанции	80—100	30—40	40—60
Открытые топливные склады	60—80	20—30	30—50
Брызгальные устройства	—	40—60	40—60
Вентиляторные градирни	40—60	15—30	15—30
Забор, ограждающий площадку	15—20	10—15	15—20
Железнодорожные пути, внешние и сортировочные	80	40	60—80
Внутризаводские железнодорожные пути	30	20	20—40
Автодороги			
общего пользования	60—80	20—30	40—60
внутризаводские и подъездные	30	10	20

Примечания: 1. Нижние пределы указанных расстояний относятся к градирням производительностью до 80 кг/с (300 м³/ч) и к брызгальным бассейнам — до 550 кг/с (2000 м³/ч).

2. Для районов со средней температурой воздуха в наиболее холодную пятидневку (ниже —35° С) расстояния следует увеличивать на 25%, а выше —20° С — уменьшать на 25%.

Таблица V—8

Примерное сравнение площадей, занимаемых различными водоохлаждающими устройствами

Площадь	Брызгальный бассейн	Брызгальная градирня	Капельная градирня	Вентиляторная градирня
Занимаемая самим устройством F , м²	~300	~100	~70	~20
Относительное значение F ($F_{\text{вент. град.}}=1$)	15	5	3,5	1
С учетом расстояний до кирпичных зданий F_1 , м²	19000	17000	16700	4150
Относительное значение F_1 ($F_{\text{вент. град.}}=1$)	4,6	4,1	4	1

дающими устройствами и сооружениями (табл. V-7).

Данные, помещенные в табл. V—7, относятся к крупным градирням, применяемым на электростанциях и в очень крупных холодильных установках. При размещении небольших брызгальных градирен, устанавливаемых на крышах, а также вентиляторных производительностью до 6—8 кг/с — внутри помещений можно принимать расстояния, уменьшенные в 2—3 раза до смежных сооружений. Небольшие вентиляторные градирни можно устанавливать и непосредственно около зданий при условии выхода уходящего из них воздуха выше крыши здания. При расположении градирни внутри здания также надо выводить уходящий воздух.

Сравнение площадей, занимаемых различными водоохлаждающими устройствами, приведено в табл. V—8, для установки с $Q=1000$ кВт (860 тыс. ккал/ч) с $G_w=60$ кг/с (216 м³/ч)

ТЕПЛО- И МАССООБМЕН В ВОДООХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ

Тепловой и влажностный балансы

Тепловой баланс градирни без учета потерь тепла в окружающую среду выражается уравнением

$$G_w c_w t_{w1} + G_b i_1 = (G_w - W_0) c_w t_{w2} + G_b i_2 \quad (V-1)$$

Влажностный баланс

$$W_0 = G_b (d_2 - d_1) \quad (V-2)$$

где G_b — массовый расход сухой части воздуха, кг/с; с достаточной точностью (1—2%) его можно считать равным общему расходу влажного воздуха.

По уравнениям (V—1, V—2) можно определить количество тепла Q (в кВт), отведенного от воды:

$$Q = G_w c_w (t_{w1} - t_{w2}) = G_b [i_2 - i_1 - (d_2 - d_1) c_w t_{w2}] \quad (V-3)$$

или

$$Q = G_w c_w \Delta t_w = G_b A (i_2 - i_1), \quad (V-4)$$

где $\Delta t_w = t_{w1} - t_{w2}$, °C — подохлаждение воды в градирне.

Поправочный коэффициент A к уравнению (V—4)

$$A = 1 - \frac{d_2 - d_1}{i_2 - i_1} c_w t_{w2} = 1 - \frac{c_w t_{w2}}{\varepsilon}, \quad (V-5)$$

где $c_w = 4,187 \frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$ — удельная теплоем-

кость воды. $\varepsilon = \frac{i_2 - i_1}{d_2 - d_1}$ — тепловлажностное

отношение процесса изменения состояния воздуха в градирне, кДж/кг.

Летом воздух в градирне холодильной установки изменяет свое состояние в $d-i$ -диаграмме по линии, близкой к изотерме с $\varepsilon \approx 2500$ кДж/кг, а зимой с $\varepsilon = 4000—6000$ кДж/кг. Для летнего времени в зависимости от температуры охлажденной воды можно принимать следующие значения A :

t_{w2}	20	25	30	35	40 °C
A	0,967	0,958	0,950	0,942	0,933

Уравнения тепло- и массообмена

Используя уравнение Меркеля для тепло- и массообмена между водой и воздухом, можно определить количество тепла Q (в кВт), отводимое в градирне

$$Q = \sigma F t, \quad (V-6)$$

где σ — коэффициент массоотдачи, кг(м²·с); F — поверхность соприкосновения воды с воздухом, м²;

t — средний напор энтальпий влажного воздуха в потоке и в пограничном слое непосредственно у поверхности воды, кДж/кг.

При сравнительно небольшом подохлаждении воды в градирнях холодильных установок ($\Delta t_w = 4 \div 5^\circ \text{C}$) с достаточной точностью (до 1%) можно вычислить средний напор энтальпий по формуле средней логарифмической разности. Для частного случая противотока

$$t = \frac{(i_{w1}'' - i_2) - (i_{w2}'' - i_1)}{\ln \frac{i_{w1}'' - i_2}{i_{w2}'' - i_1}}, \quad (V-7)$$

где i_{w1}'' и i_{w2}'' — энтальпии насыщенного воздуха при температурах воды t_{w1} и t_{w2} , кДж/кг; i_1 и i_2 — энтальпии воздуха на входе и выходе, кДж/кг.

Если отношение разности энтальпий $\frac{i_{w1}'' - i_2}{i_{w2}'' - i_1}$ меньше 1,7, то вместо средней логарифмической разности энтальпий можно с погрешностью до 2% принимать среднюю арифметическую

$$t = \frac{(i_{w1}'' - i_2) + (i_{w2}'' - i_1)}{2} \quad (V-8)$$

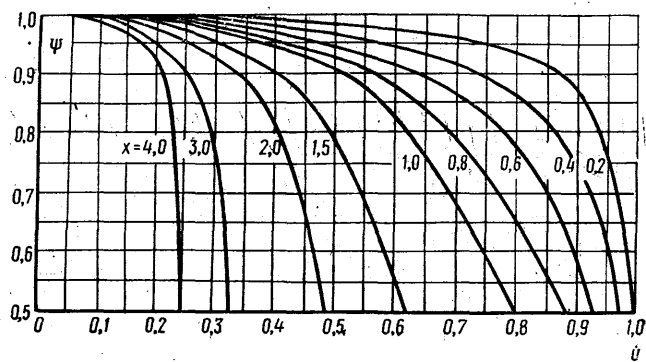


Рис. V—14. Значения поправочного коэффициента ψ для расчета среднего энтальпийного напора в случае поперечного тока.

При повышении Δt_w до 10°C неточность применения формулы (V—7) составит 5%; до 20°C — 15%. В этом случае расчет ведут по формуле Бермана для противотока:

$$t = \frac{(i''_{w1} - i_2) - (i''_{w2} - i_1)}{\ln \frac{i''_{w1} - i_2 - \delta i''_{w2}}{i''_{w2} - i_1 - \delta i''_{w1}}}, \quad (\text{V-9})$$

$$\delta i''_{w2} = \frac{i''_{w1} + i''_{w2} - 2i''_{wcp}}{4}, \quad (\text{V-10})$$

где i''_{wcp} — энтальпия насыщенного воздуха, кДж/кг (при средней температуре воды $t_{wcp} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2}$).

Средняя арифметическая разность энтальпий (при малом различии начальной и конечной разностей энтальпий) для этого случая

$$i = \frac{(i''_{w1} - i_2) + (i''_{w2} - i_1)}{2} - \delta i''_{w2}. \quad (\text{V-11})$$

При поперечном токе расчет можно проводить по уравнениям для противотока (V—7 и V—9), умножая результат на поправочный коэффициент ψ . Значения этого коэффициента приведены на рис. V—14 в зависимости от двух отношений разностей энтальпий:

$$x = \frac{i''_{w1} - i''_{w2}}{i_2 - i_1} \text{ и } y = \frac{i_2 - i_1}{i''_{w1} - i_1}. \quad (\text{V-12})$$

Коэффициент охлаждения. При расчете открытых градирен, для которых трудно опреде-

лить состояние выходящего воздуха, а следовательно, и интегрировать энтальпийный напор по поверхности тепло- и массообмена, применяется коэффициент охлаждения U

$$U = \frac{c_w \Delta t_w}{i''_{wcp} - i_1}, \quad (\text{V-13})$$

где i''_{wcp} — энтальпия насыщенного воздуха при средней температуре, кДж/кг;

Связь между температурами воды и параметрами воздуха при различных коэффициентах охлаждения графически представлена на рис. V—15. По оси абсцисс отложены величины под-охлаждения воды в градирне Δt_w , по оси ординат — значения энтальпий воздуха, деленных на теплоемкость воды. Коэффициент охлаждения выражен в виде углового масштаба с полюсом в точке 0—0.

При постоянных значениях $t_{вд1}$ и U средняя температура воды увеличивается с возрастанием величины Δt_w .

Зависимость между коэффициентом охлаждения и коэффициентом массообмена можно представить в следующем виде:

$$U = \frac{\sigma' F}{G_w}, \quad (\text{V-14})$$

где σ' — коэффициент массоотдачи, отнесенный к условному энтальпийному напору, $i''_{wcp} - i_1$, кг/(м²·с).

Вместо коэффициента охлаждения иногда применяют коэффициент эффективности η :

$$\eta = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{t_{w1} - t_{вд1}}, \quad (\text{V-15})$$

где $t_{вд1}$ — температура воздуха, поступающего в градирню, по влажному термометру («предел

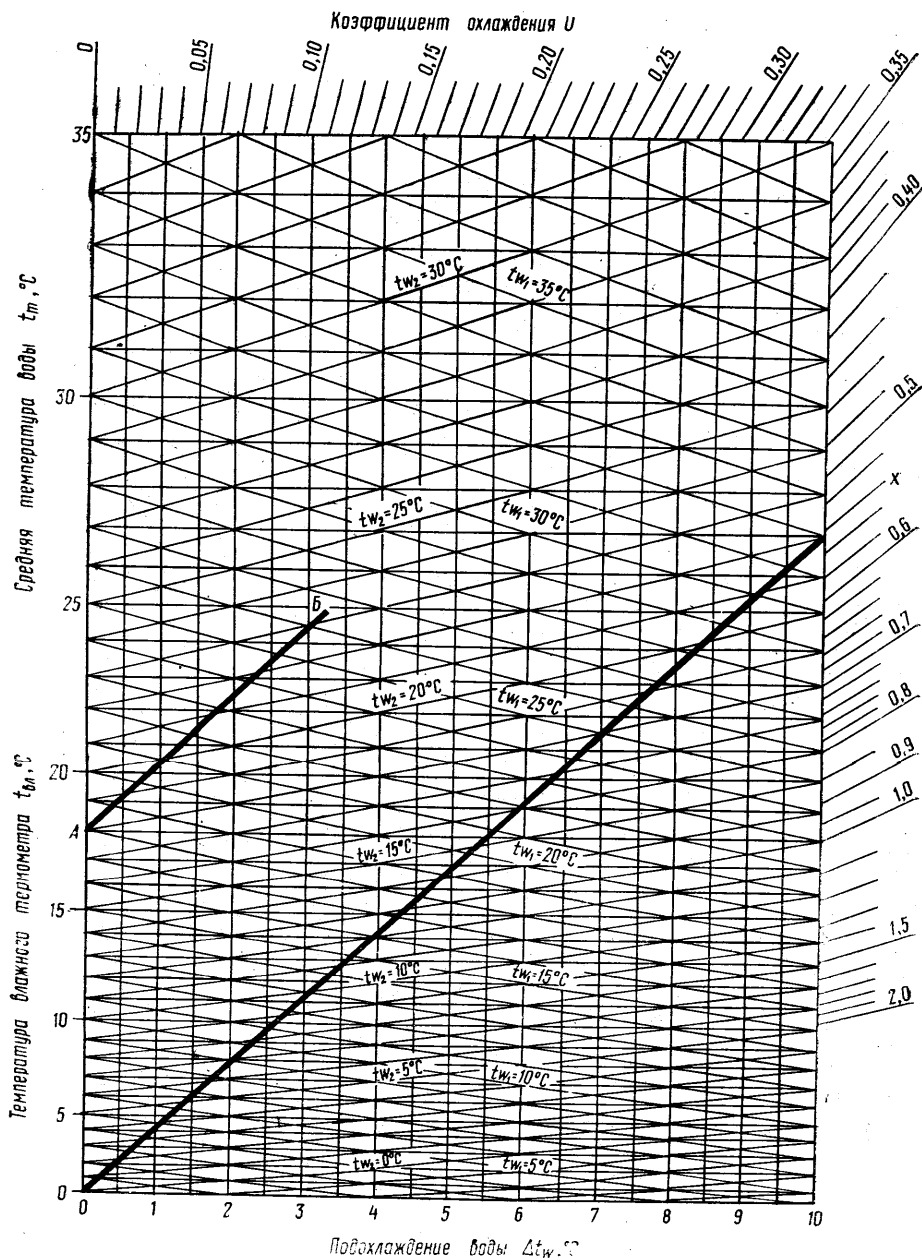


Рис. V—15. Диаграмма для расчета градиен по коэффициенту охлаждения.

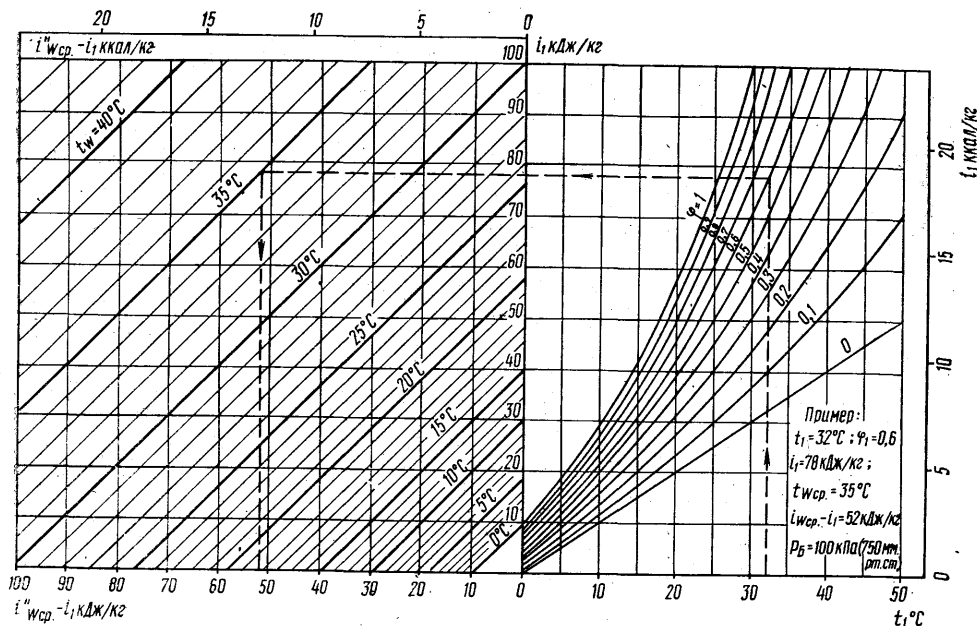


Рис. V—16. Номограмма для определения разности энтальпий $i_{w\text{ ср}} - i_t$ по температуре t_1 и относительной влажности φ_1 воздуха для разных средних температур воды $t_{w\text{ ср}}$.

охлаждения», °С. Коэффициент охлаждения и коэффициент эффективности связаны между собой уравнениями:

$$U = \frac{\eta}{a(1 - 0,5\eta)}; \quad \eta = \frac{aU}{1 + 0,5aU}, \quad (\text{V-16})$$

где $a = \Delta i_w'' / \Delta t_w c_w$ — отношение приращения энтальпии воздуха к приращению энтальпии воды на линии насыщения. Значения a для давления 100 кПа (750 мм рт. ст.) приведены ниже.

t_w , °С	0	5	10	15	20	25	30	35	40
a	0,418	0,469	0,561	0,665	0,810	1,00	1,245	1,525	1,99

Коэффициент эффективности следует применять лишь в тех узких температурных условиях, в которых он был получен опытным путем.

Уравнение для количества тепла, отведенного в градирне, можно представить в следующем виде:

$$Q = G_w c_w \Delta t_w = G_w U (i_w'' - i_1) = G_w c_w \eta (t_{w1} - t_{в1}). \quad (\text{V-17})$$

Разность энтальпий $i_w'' - i_1$ по температуре и оптимальной влажности воздуха и по

средней температуре воды определяется по номограмме (рис. V—16).

Высота зоны охлаждения. Для характеристики тепловой эффективности градирни применяют опытные зависимости «высоты зоны охлаждения» (разность температур между охлаждаемой водой t_{w2} и поступающим воздухом по влажному термометру $t_{вл1}$ от температуры $t_{в1}$ (рис. V—17). Эти графики строятся для конкретной градирни и пригодны лишь при работе ее в определенном тепловом и гидравлическом режиме.

Удельная тепловая нагрузка. Величина q_f кВт/м² определяется по формуле

$$q_f = \frac{Q}{f}, \quad (\text{V-18})$$

где Q — тепловая производительность градирни, кВт;

f — площадь горизонтального сечения градирни, м².

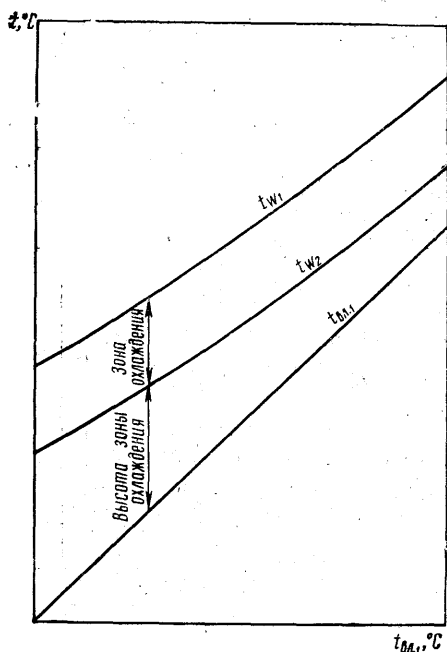


Рис. V—17. Высота зоны охлаждения градирни.

Гидравлические характеристики водоохлаждающих устройств

Плотность орошения. Величина g_w (в кг/(м²·с)) определяется по формуле

$$g_w = \frac{G_w}{f} \quad (V-19)$$

Связь плотности орошения с «высотой дождя» H_w (в м/ч), характеризующей интенсивность орошения, выражается равенством

$$H_w = 3,6g_w \quad (V-20)$$

Массовая скорость движения воздуха. Величину wQ (в кг/м²·с) определяют уравнением

$$wQ = G_w / f_{\text{жив}} \quad (V-21)$$

где G_w — расход воздуха, проходящего через градирню, кг/с;

$f_{\text{жив}}$ — площадь сечения для прохода воздуха («живое сечение»), м².

В тех случаях, когда определение живого сечения затруднено (кольца Рашига), массовую скорость относят к полному сечению f .

Коэффициент орошения. Отношение расхода поданной в градирню воды к поступающему воздуху определяется выражением:

$$\mu = G_w / G_v = \frac{g_w}{wQ} \cdot \frac{f}{f_{\text{жив}}} = \frac{g_w}{wQ} \cdot \frac{1}{\lambda}, \quad (V-22)$$

где $\lambda = \frac{f_{\text{жив}}}{f}$ — коэффициент живого сечения.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОДООХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Расчет брызгальных бассейнов

При расчете заданными являются следующие параметры: тепловая нагрузка бассейна Q (в кВт); количество разбрызгиваемой воды G_w (в кг/с), температура воздуха по влажному термометру $t_{\text{вл}}$ (в °С), скорость ветра w (в м/с), количество тепла, подводимое к бассейну с солнечной радиацией, q_s (в кВт/м²).

Для установления размеров брызгального бассейна температуру разбрызганной и охлажденной воды рассчитывают в следующей последовательности. Определяют подохлаждение воды в бассейне

$$\Delta t_w = \frac{Q}{G_w c_w} \quad (V-23)$$

По количеству разбрызганной воды G_w , с учетом типа выбранного бассейна (с жалюзи или без них), определяют плотность орошения воды g_w , кг/(м²·с) (см. табл. V—1). Вычисляют поправочный коэффициент на солнечную радиацию η_s ;

$$\eta_s = \frac{1}{1 + \frac{q_s}{c_w g_w \Delta t_w}}, \quad (V-24)$$

где q_s — количество тепла, подводимое к бассейну солнечной радиацией, кВт/м².

Среднее значение $q_s \approx 0,6$ кВт/м². Поправочные коэффициенты η_s для разных g_w и Δt_w , а также удельных тепловых нагрузок q_i приведены на рис. V—18.

Задавая давление воды перед форсунками (обычно $p = 50$ кПа), по скорости ветра w определяют коэффициент охлаждения U (рис. V—19).

Из уравнения (V—13), введя в него поправку на влияние солнечной радиации, определяют среднюю энтальпию воздуха у водяной поверхности $i_{w \text{ ср}}^*$:

$$i_{w \text{ ср}}^* = i_1 + \frac{c_w \Delta t_w}{U \eta_s}, \quad (V-25)$$

где i_1 — определяется по таблицам насыщенного влажного воздуха по температуре $t_{\text{вл } 1}$.

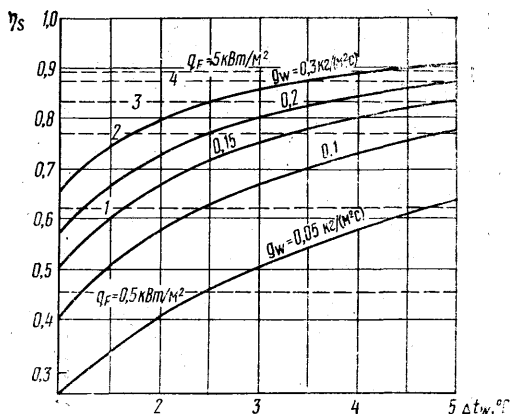


Рис. V—18. Значения поправочного коэффициента η_s для учета влияния солнечной радиации на работу брызгальных бассейнов (пунктирными линиями обозначены удельные тепловые нагрузки).

По величине $i_{w\text{cp}}^*$ по тем же таблицам находят среднюю температуру воды в бассейне ($t_{w\text{cp}}$), тогда температуры воды перед бассейном (t_{w1}) и после его (t_{w2}):

$$t_{w1} = t_{w\text{cp}} + 0,5\Delta t_w; \quad t_{w2} = t_{w\text{cp}} - 0,5\Delta t_w.$$

Определяют площадь бассейна:

$$f = \frac{G_w}{g_w}.$$

По расчетам выбирают тип форсунок, определяют их количество и расположение над бассейном.

Расчет открытых градирен

При расчете открытых градирен необходимо знать следующие величины: тепловую нагрузку градирни Q (в кВт), расход охлаждаемой воды G_w (в кг/с) и температуру воздуха по влажному термометру $t_{вл}$.

В соответствии с выбранным типом градирни по имеющейся опытной зависимости для коэффициента охлаждения (рис. V—20), задавая плотностью орошения g_w в указанных выше пределах, рассчитывают коэффициент охлаждения U , а затем величину охлаждения

$$(\text{в } ^\circ\text{C}) \text{ воды в градирне } \Delta t_w = \frac{Q}{G_w c_w}.$$

Аналогично предыдущему расчету вычисляют среднюю энтальпию воздуха у поверхности воды $i_{w\text{cp}}^*$ (в кДж/кг)

$$i_{w\text{cp}}^* = i_1 + \frac{c_w \Delta t_w}{U}, \quad (\text{V-26})$$

где i_1 определяют по таблицам насыщенного влажного воздуха по температуре $t_{вл}$.

По тем же таблицам находят среднюю температуру воды в градирне $t_{w\text{cp}}$ и температуры ее на входе в градирню t_{w1} и выходе из нее t_{w2} :

$$t_{w1} = t_{w\text{cp}} + 0,5\Delta t_w \text{ и } t_{w2} = t_{w\text{cp}} - 0,5\Delta t_w.$$

Вычисляют горизонтальную площадь градирни $f = \frac{G_w}{g_w}$ и определяют ее конструктивные размеры.

При наличии опытных данных в виде зависимости для высоты зоны охлаждения (например, см. рис. V—17) определяют по $t_{вл}$ значение t_{w2} и, прибавляя к ней Δt_w , находят величину t_{w1} . После этого определяют площадь градирни и ее другие размеры.

Расчет вентиляторной градирни

При расчете вентиляторной градирни задаются величинами: тепловая нагрузка Q (в кВт), расход охлаждаемой воды G_w (в кг/с), состояние воздуха перед градирней в самое жаркое время года t_1 (в $^\circ\text{C}$); ϕ ; i_1 (в кДж/кг); d_1 (в кг/кг).

Температуру охлажденной воды после градирни t_{w2} (в $^\circ\text{C}$) при малых ее подохлаждениях ($\Delta t_w = 4\text{—}5^\circ\text{C}$) и обычных плотностях орошения $g_w = 2,5\text{—}3 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ выбирают на $5\text{—}6^\circ\text{C}$ выше температуры поступающего воздуха по влажному термометру. Снизить температуру охлажденной воды можно за счет уменьшения тепловой нагрузки q_f или плотности орошения g_w .

Зная величину $t_{вл1}$, определяют $t_{w2} = t_{вл1} + (5\text{—}6)^\circ\text{C}$. Начальную температуру воды t_{w1} находят из уравнения

$$t_{w1} = t_{w2} + \frac{Q}{c_w G_w} = t_{w2} + \Delta t_w. \quad (\text{V-27})$$

Расход воздуха, проходящего через градирню, можно ориентировочно подсчитать по уравнению

$$G_b = \frac{Q}{\Delta i}, \quad (\text{V-28})$$

где $\Delta i = i_2 - i_1$, кДж/кг — изменение энтальпии воздуха в градирне.

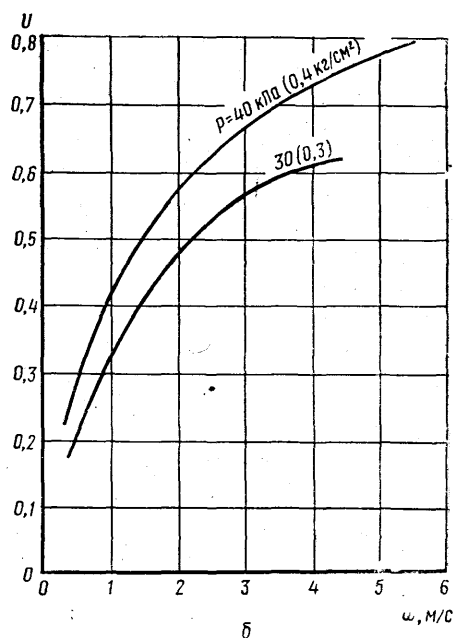
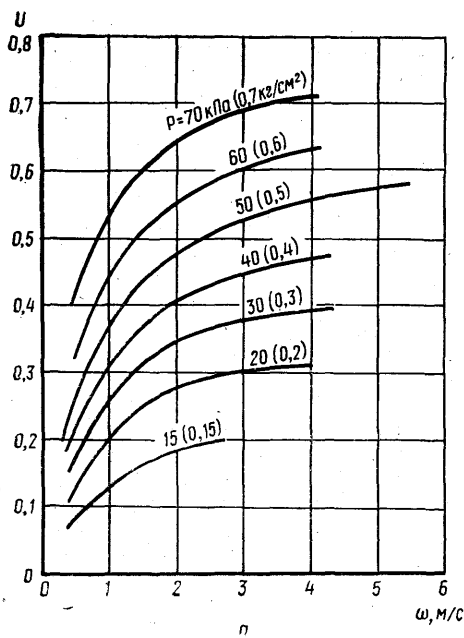


Рис. V—19. Зависимость коэффициента охлаждения от скорости ветра для небольших брызгальных бассейнов (до 150 кг/с):

а—с жалюзи; б—без жалюзи.

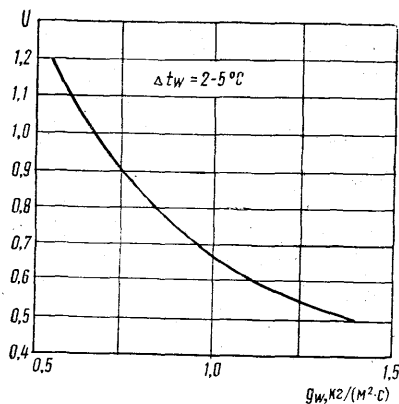


Рис. V—20. Зависимость коэффициента охлаждения от высоты дождя для открытой капельной градирни высотой 9 м (10 ярусов) и шириной 4 м (при ширине 1,5—2 м значения U увеличиваются в 1,5—2 раза).

Величину Δi выбирают близкой к 20 кДж/кг, что соответствует коэффициенту орошения $\mu \approx 1$. При необходимости получить более хо-

лодную воду снижают коэффициент орошения и тепловую нагрузку.

Энтальпия воздуха после градирни:

$$i_2 = i_1 + \frac{Q}{G_B} \quad (V-29)$$

Необходимо построить в $d-i$ -диаграмме прямую линию процесса в градирне и убедиться, что при выбранном значении i_2 относительная влажность выходящего воздуха ϕ_2 не превышает 1.

По известным температурам воды t_{w1} и t_{w2} определяют энтальпии насыщенного воздуха i''_{w1} и i''_{w2} , кДж/кг и вычисляют средний энтальпийный напор в градирне ι (в кДж/кг) по уравнению (V—7).

Коэффициент массоотдачи σ [в кг/(м²·с)] для щелевой и сотовочной регулярной насадки выбирается по эмпирическому уравнению В. А. Гоголина:

$$\sigma = 0,284 (\omega q)^{0,57} g_{wp}^{0,29} \left(\frac{L}{d_s} \right)^{-0,515} \quad (V-30)$$

где σ — коэффициент массоотдачи, кг/(м²·с);
 ωq — массовая скорость движения воздуха в живом сечении насадки, кг/(м²·с);

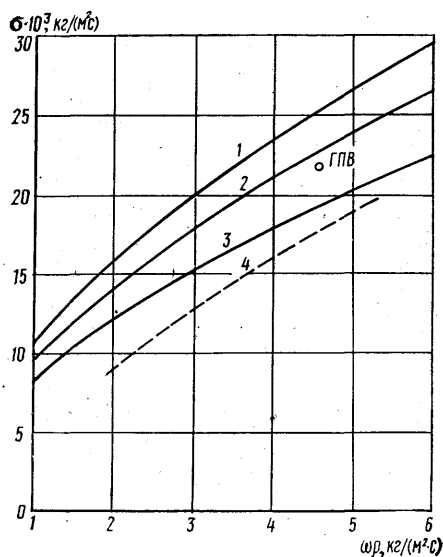


Рис. V—21. Зависимость коэффициентов массоотдачи от массовой скорости воздуха в сотоблочных и щелевых насадках: кривые 1, 2, 3 — по уравнению (V—30) $L/d_3=60$; $g_w=10$; 7; 4 $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ $g_{wp}=0,01725$; 0,0121; 0,0069 $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; кривая 4, по данным Алексева, $L/d_3=109$; $g_w=4 \div 8 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ данные градирен ГПВ — по опытам А. А. Кузнецовой [$L/d_3=55$, $g_w=3,1 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$].

g_{wp} — плотность орошения на 1 м смоченного периметра, $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$;

L — высота насадки (длина канала), м;

Формула (V—30) применима для режима пленочного течения при массовой скорости движения воздуха $\omega p \leq 5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, плотности орошения $g_{wp} \leq 0,017 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$, значений L/d_3 до 70 и $d_3=3-6 \text{ мм}$.

На рис. V—21 показана зависимость σ от ωp и g_w , даваемая уравнением (V—30) при $L/d_3=60$. Пересчет отмеченных на графике данных на другие значения L/d_3 приводится ниже.

L/d_3	20	40	60	80	100
$(L/d_3)^{-0,515}$	0,214	0,150	0,122	0,1045	0,0935
$\left(\frac{L/d_3}{60}\right)^{-0,515}$	1,72	1,23	1,00	0,856	0,767

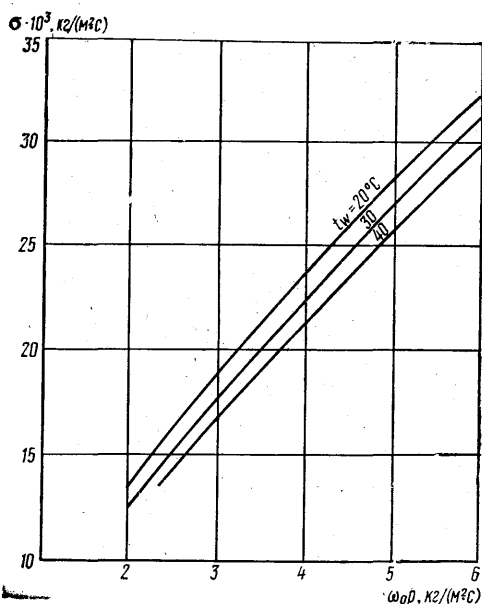


Рис. V—22. Зависимость коэффициентов массоотдачи в крупных щитовых пленочных градириях от массовой скорости воздуха.

Величина g_{wp} связана с плотностью орошения на 1 м^2 горизонтального сечения градири g_w следующим соотношением:

$$g_{wp} = \frac{g_w}{P/f} = \frac{g_w}{F_v}, \quad (\text{V—31})$$

где P — сумма периметров сечений каналов, м;
 f — горизонтальное фасадное сечение градири, м^2 .

Для регулярных насадок $P/f = F_v$.

Для крупных пленочных градирен с регулярной насадкой из асбоцементных или деревянных щитов коэффициенты массоотдачи выбирают по данным Л. Д. Бермана (рис. V—22).

Эти данные составлены с учетом того, что скорость движения воздуха ω_0 , к которой отнесены величины σ , вычислена по скорости дви-

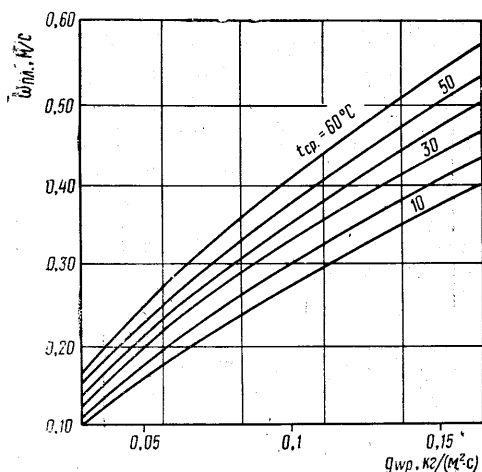


Рис. V—23. Зависимость скорости водяной пленки от плотности орошения для разных температур воды.

жения стекающей пленки воды. Для противотока скорость движения воздуха w_0 (в м/с) определяют по формуле:

$$w_0 = w + w_{пл}, \quad (V-32)$$

где w — абсолютная скорость движения воздуха в живом сечении, м/с;

$w_{пл}$ — скорость движения пленки воды, м/с (рис. V—23).

Данные рис. V—22 относятся к расстоянию между щитами $b=50$ мм, $L/d_0=12$ ($d_0=2b$). При других расстояниях между щитами величины σ , полученные по рис. V—22, надо умножить на поправочный коэффициент a_1 :

b , мм	20	30	40	50	60	70	80	90	100
a_1	1,2	1,1	1,05	1,00	0,96	0,93	0,91	0,89	0,87

При других значениях L/d_0 величины σ , полученные по данным Л. Д. Бермана (см. рис. V—22), следует умножить на коэффициент a_2

L/d_0	12	20	30	40	50	60	80	100
a_2	1,00	0,93	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85

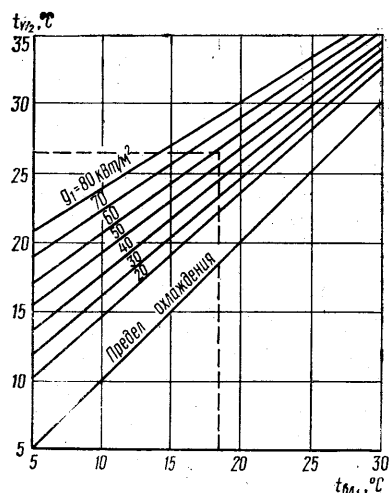


Рис. V—24. Зависимость температуры охлажденной воды в градирнях типа ГПВ от температуры воздуха по влажному термометру при разных удельных нагрузках.

Площадь теплопередающей поверхности градирни F (в m^2) определяют по формуле

$$F = \frac{Q}{\sigma_1}. \quad (V-33)$$

Далее следует ее конструктивный расчет. Приведенный тепловой расчет производится при проектировании новой градирни или при применении существующей для нерасчетных режимов. Градирню выбирают по ее техническим характеристикам (табл. V—3 и V—6) и эмпирическим графикам (например, рис. V—24).

Для подбора вентилятора градирни необходим аэродинамический расчет. При аэродинамических расчетах применяют опытные вели-

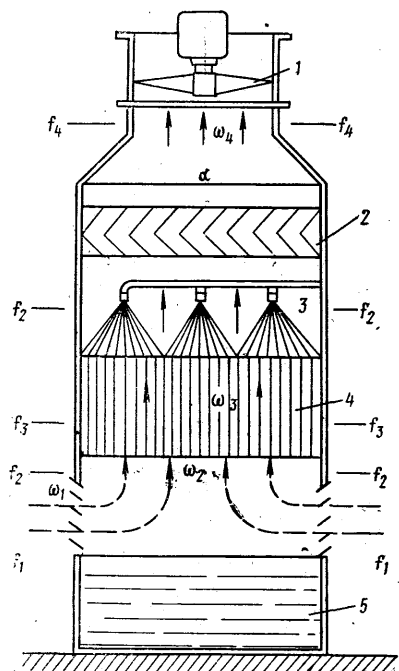


Рис. V—25. Схема к аэродинамическому расчету вентиляторной градирни:

1—вентилятор; 2—каплеотделители; 3—орошающее устройство; 4—насадка; 5—поддон.

ны суммарных коэффициентов сопротивления в том случае, если они имеются для конкретных градирен, при отсутствии этих данных производится полный аэродинамический расчет, приводимый ниже.

Схема прохождения воздуха через градирню показана на рис. V—25. Скорости движения воздуха, различные в разных местах, связаны между собой уравнением непрерывности

$$\frac{G_B}{Q_{cp}} = f_1 w_1 = f_2 w_2 = f_3 w_3 = f_4 w_4. \quad (V-34)$$

Изменение плотности воздуха ρ вдоль градирни невелико и им можно пренебречь.

Полное аэродинамическое сопротивление градирни $\Delta p_{гр}$ (в Па) включает следующие составляющие:

$$\Delta p_{гр} = \Delta p_{вх} + \Delta p_{пов} + \Delta p_{нас} + \Delta p_{ор} + \Delta p_{к} + \Delta p_{кон} + \Delta p_{вых}. \quad (V-35)$$

Сечение для входа воздуха в градирню f_1 (в м²) желательно рассчитывать не менее 0,4—

0,5 от f_2 — фронтального сечения насадки. Потеря напора на входе $\Delta p_{вх}$ (в Па):

$$\Delta p_{вх} = 0,55 \rho \cdot \frac{w_1^2}{2}. \quad (V-36)$$

Потеря напора на повороте $\Delta p_{пов}$ (в Па):

$$\Delta p_{пов} = 0,5 \rho \cdot \frac{w_2^2}{2}. \quad (V-37)$$

Потерю напора в орошаемой насадке $\Delta p_{нас}$ (в Па) для сотовых регулярных насадок с эквивалентным диаметром канала $d_э = 2+6$ мм можно подсчитать по уравнению В. А. Гоголина:

в режиме пленочного течения при $w\rho \leq 4+4,5$, кг/(м²·с)

$$\Delta p = 13,3 (w\rho)^{1,3} g_{wp}^{0,6} (L/d_э)^{0,47}, \quad (V-38)$$

в режиме «захвата» при $w\rho > 4,5$, кг/(м²·с)

$$\Delta p = 5,85 (w\rho)^{2,1} g_{wp}^{0,66} (L/d_э)^{0,47}, \quad (V-39)$$

где Δp , Па — перепад давлений воздуха в насадке;

$w\rho$, кг/(м²·с) — массовая (абсолютная) скорость движения воздуха в каналах насадки; g_{wp} , кг/(м·с) — плотность орошения на единицу смоченного периметра; $L/d_э$ — отношение длины канала к его эквивалентному диаметру.

Величины Δp , подсчитанные по уравнениям (V—38, V—39) для $L/d_э = 45$, приведены на рис. V—26.

Аэродинамическое сопротивление щелевой насадки, использованной в градирнях типа ГПВ, больше значений, подсчитанных по уравнениям (V—38) и (V—39), примерно вдвое. Для насадки с $L = 200$ мм при $g_w = 2,8$ кг/(м²·с) и $w\rho = 5$ кг/(м²·с) значение $\Delta p = 80$ Па. При $w\rho = 5$ кг/(м²·с) и $L = 100$ мм сопротивление сухого слоя насадки равняется примерно 30 Па.

Для щитовых насадок крупных градирен приводятся опытные данные Гладкова, которые можно обобщить следующей формулой:

$$\Delta p = 0,28 (1 + 0,33 g_w) L \rho w^2. \quad (V-40)$$

Уравнение (V—40) изображено графически на рис. V—27 при $L = 1$ м и $\rho = 1,2$ кг/м³. При расчете воздухоохладителей для градирен с кольцами Рашига можно пользоваться известными уравнениями ВНИИХ.

При пользовании уравнением (V—40) к полученному перепаду давлений в насадке надо

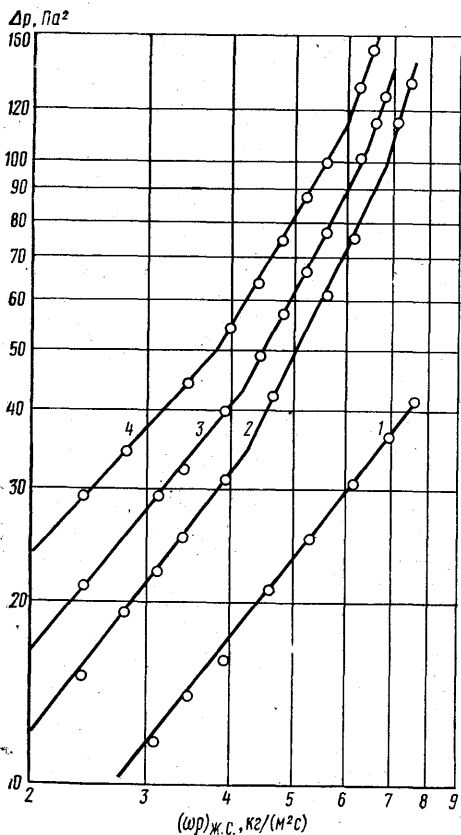


Рис. V—26. Зависимость сопротивления прохо-
ду воздуха от массовой скорости воздуха в
сотоблочной насадке с $L/d_a=45$; 1— $g_{wp}=0$;
2— $g_{wp}=0,008$; 3— $g_{wp}=0,012$; 4— $g_{wp}=$
 $=0,016$ кг/(м·с).

добавить еще потери напора на вход в насад-
ку и на выход из нее $\Delta p_{вв}$ (в Па):

$$\Delta p_{вв} = (1 - V_{св})(1,5 - V_{св}) \rho \frac{w_3^2}{2}. \quad (V-41)$$

В уравнениях (V—38) и (V—39) величина $\Delta p_{вв}$ включается в величину $\Delta p_{нас}$. Потерю напора в оросителе и каплеотделителе можно определить по следующим уравнениям:

$$\Delta p_{ор} = \zeta_{ор} \rho \frac{w_2^2}{2}, \quad (V-42)$$

$$\Delta p_{к} = \zeta_{к} \rho \frac{w_2^2}{2}. \quad (V-43)$$

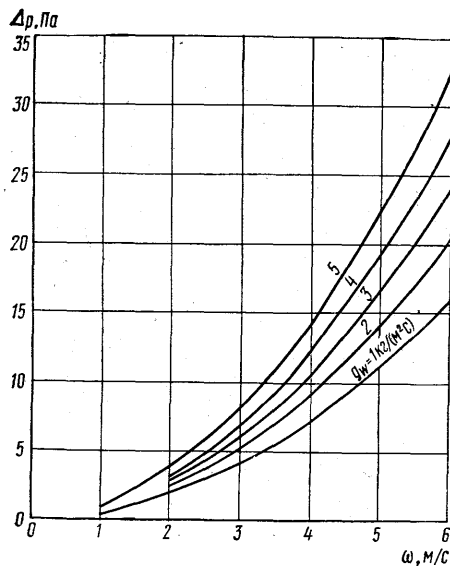


Рис. V—27. Зависимость сопротивления прохо-
ду воздуха от массовой скорости воздуха в
щитовой пленочной насадке с $L=1$ м.

Величины $\zeta_{ор}$ и $\zeta_{к}$ приведены на рис. V—28. Если в качестве каплеотделителя применяют сухие насадки, то потерю напора в них опреде-
ляют по графикам. Потеря напора в конфу-
зоре ($\Delta p_{кон}$) (в Па):

$$\Delta p_{кон} = \zeta_{кон} \rho \frac{w_2^2}{2}, \quad (V-44)$$

$$\zeta_{кон} = 0,5(1 - f_4|f_2). \quad (V-45)$$

Потеря напора на выходе ($\Delta p_{вых}$) (в Па):

$$\Delta p_{вых} = \rho \frac{w_4^2}{2}. \quad (V-46)$$

Преимуществом вышеприведенного расчета является большая общность а недостатком — невысокая точность.

РАСЧЕТ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ГРАДИРНИ С КОНДЕНСАТОРАМИ

При совместной работе градирни с
проточным конденсатором вода насосом
подается в конденсатор, а из него под
напором поступает в градирню. В бак перед
насосом или в поддон градирни добавляется
небольшое количество воды для компенсации
потерь от испарения, уноса и др. В общем слу-
чае при наличии некоторого количества воды,

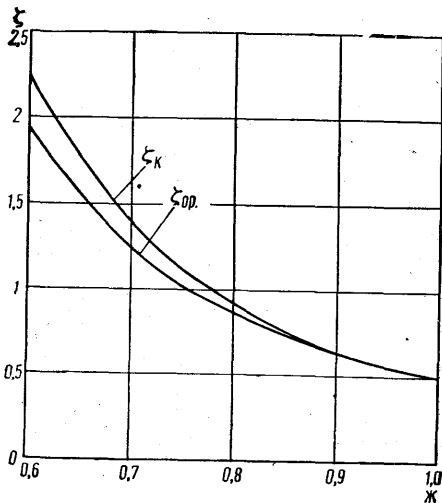


Рис. V—28. Зависимость коэффициентов сопротивления оросителя (ξ_{0p}) и каплеотделителя (ξ_k) от коэффициента живого сечения в них.

например артезианской, охлаждение конденсатора может быть комбинированным. Часть тепла $Q_{гр}$ отдается воздуху в градирне, а часть $Q_{св}$ — воде, сбрасываемой в дренаж после конденсатора (рис. V—29).

$$Q_{гр} = c_w (G_w^{кон} - G_{св}) (t_{w2} - t_{w3}) = G_w^{кон} c_w (1 - \xi) \Delta t_w^{гр} \quad (V-47)$$

$$Q_{св} = G_{св} c_w (t_{w2} - t_{св}) = G_w^{кон} c_w \xi (t_{w2} - t_{св}). \quad (V-48)$$

В этом случае при расчете конденсаторной установки определяют расход свежей воды $G_{св}$ (в кг/с) с температурой $t_{св}$ (в °C), которую необходимо добавлять в существующей установке в помощь градирне для достижения определенной температуры конденсации t_k (°C); рассчитывают температуру конденсации, которая установится при заданном расходе свежей воды в установке; определяют тип и размер градирни, обеспечивающие необходимую температуру конденсации при заданном состоянии воздуха и существующем конденсаторе.

Во всех этих вариантах расчета заданы: $Q_w^{кон}$ (в кВт) — тепловая нагрузка на конденсатор; $G_w^{кон}$ (в кг/с) — расход воды, проходящей через конденсатор; $t_{вп}$ (в °C) — расчетная температура воздуха по влажному термометру; $t_{св}$ (в °C) — температура добавляемой све-

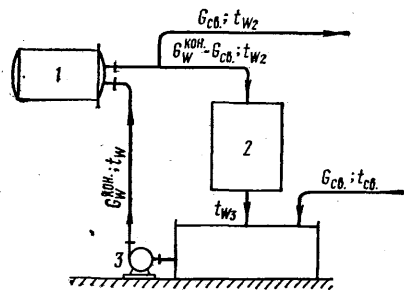


Рис. V—29. Принципиальная схема комбинированного охлаждения конденсатора с помощью градирни и свежей воды:

1—конденсатор; 2—градирня; 3—насос.

жей воды; F (в m^2) теплопередающая поверхность конденсатора k [в кВт/($m^2 \cdot K$)] — коэффициент теплопередачи конденсатора; $c_w = 4,19$ [в кДж/(кг · K)] — удельная теплоемкость воды. Из уравнения смешения в точке добавления свежей воды можно получить выражение для относительного добавка свежей воды $\xi = G_{св}/G_w^{кон}$

$$\xi = \frac{t_{w3} - t_{w1}}{t_{w3} - t_{св}} = \frac{\Delta t_w^{кон} - \Delta t_w^{гр}}{(t_{w2} - t_{св}) - \Delta t_w^{гр}}, \quad (V-49)$$

где $\Delta t_w^{кон} = t_{w2} - t_{w1} = \frac{Q_w^{кон}}{c_w G_w^{кон}}$ — величина подогрева воды в конденсаторе, °C (задается при расчете); $\Delta t_w^{гр} = t_{w2} - t_{w3}$ — величина подохлаждения воды в градирне, °C.

Расход воды, поступающей в градирню, равен $G_w^{кон} (1 - \xi)$ (см. рис. V—29) и уменьшается с увеличением ξ . Температура воды после конденсатора t_{w2} можно связать с температурой конденсации t_k уравнением теплопередачи в конденсаторе с использованием уравнения среднего логарифмического температурного напора. В окончательном виде:

$$\xi = \frac{\Delta t_w^{кон} - \Delta t_w^{гр}}{t_k - t_{св} - \frac{\Delta t_w^{кон}}{e^m - 1} - \Delta t_w^{гр}}, \quad (V-50)$$

$$\text{где } m = \frac{kF}{G_w^{кон} c_w}.$$

Температуру подохлаждения воды в открытых градирнях можно выразить через коэффи-

циент охлаждения U (уравнение V-14) следующим образом:

$$\Delta t_{\text{в}}^{\text{гр}} = \frac{Ua \left(t_{\text{к}} - t_{\text{вл}} - \frac{\Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}}}{e^m - 1} \right)}{1 + 0,5Ua}, \quad (\text{V-51})$$

где $a = \frac{\Delta t_{\text{в}}^*}{c_{\text{в}} \Delta t_{\text{в}}}$.

Для расчета величины подохлаждения воды в вентиляторных градирнях пользуются следующим уравнением:

$$\Delta t_{\text{в}}^{\text{гр}} = \frac{(e^N - 1) \left(t_{\text{к}} - t_{\text{вл}} - \frac{\Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}}}{e^m - 1} \right)}{e^N - \mu/a}, \quad (\text{V-52})$$

где $\mu = \frac{G_{\text{в}}^{\text{кон}} (1 - \xi)}{G_{\text{в}}}$ — коэффициент орошения, т. е. отношение расхода орошающей градирню воды к расходу проходящего через нее воздуха $G_{\text{в}}$, кг/с.

$$N = \sigma F_{\text{гр}} \left(\frac{a}{G_{\text{в}}^{\text{кон}} (1 - \xi)} - \frac{1}{G_{\text{в}}} \right) \quad (\text{V-53})$$

где σ — коэффициент массоотдачи в градирне, кг/(м² · с);

$F_{\text{гр}}$ — поверхность теплообмена в градирне, м².

Так как коэффициент охлаждения U зависит от расхода воды, орошающей открытую градирню, а следовательно и от величины ξ , которую для вентиляторной градирни невозможно выявить в явной форме, уравнение (V-50) приходится решать методом последовательного приближения или подсчетом на ЭВМ.

Для определения температуры конденсации $t_{\text{к}}$ в установке используют следующие уравнения:

для открытой градирни

$$t_{\text{к}} = \frac{\Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}} + \xi \left(t_{\text{св}} + \frac{\Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}}}{e^m - 1} \right) + \frac{Ua}{\xi + \frac{1}{1 + 0,5Ua}} (1 - \xi) + \frac{Ua}{1 + 0,5Ua} \left(t_{\text{вл}} + \frac{\Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}}}{e^m - 1} \right) (1 - \xi)}{\xi + \frac{Ua}{1 + 0,5Ua} (1 - \xi)} \quad (\text{V-54})$$

для вентиляторной градирни

$$t_{\text{к}} = \frac{\Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}} + \xi \left(t_{\text{св}} + \frac{\Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}}}{e^m - 1} \right) + \frac{e^N - 1}{\xi + \frac{e^N - 1}{e^N - \mu/a}} (1 - \xi) + \frac{e^N - 1}{e^N - \mu/a} \left(t_{\text{вл}} + \frac{\Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}}}{e^m - 1} \right) (1 - \xi)}{\xi + \frac{e^N - 1}{e^N - \mu/a} (1 - \xi)} \quad (\text{V-55})$$

Как видно из уравнений (V-54 и V-55), температура конденсации возрастает с увеличением температур свежей воды и воздуха по влажному термометру, а также тепловой нагрузки, выраженной через подогрев воды на конденсаторе $\Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}}$, и уменьшается с возрастанием количества добавляемой свежей воды ξ . Частным случаем уравнений (V-54) и (V-55) является уравнение для расчета $t_{\text{к}}$ при работе конденсатора без градирни на одной проточной воде. Его можно получить, подставляя $\xi = 1$ в выражение (V-54) или (V-55). В этом случае

$$t_{\text{к}} = t_{\text{св}} + \Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}} \cdot \frac{e^m}{e^m - 1} \quad (\text{V-56})$$

При работе конденсатора с одной градирней без добавления свежей воды ($\xi = 0$) можно пренебречь тепловым влиянием небольшого количества добавляемой воды, компенсирующей потери на испарение, унос и др.

Для этого случая при наличии открытой градирни температура конденсации

$$t_{\text{к}} = t_{\text{вл}} + \Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}} \left(\frac{1}{aU} + \frac{1}{2} + \frac{1}{e^m - 1} \right); \quad (\text{V-57})$$

при наличии вентиляторной градирни

$$t_{\text{к}} = t_{\text{вл}} + \Delta t_{\text{в}}^{\text{кон}} \left(\frac{e^N - \mu/a}{e^N - 1} + \frac{1}{e^m - 1} \right). \quad (\text{V-58})$$

При $\xi = 0$ температура конденсации наиболее высокая. Добавление свежей воды, особенно артезианской, позволяет существенно снизить температуру конденсации. Однако при этом будет уменьшаться температура воды а следовательно, и доля тепла, отводимого в градирне. При каком-то предельном значении $\xi = \xi_{\text{пред}}$ температура воды после конденсатора $t_{\text{в}2}$ становится равной температуре воздуха по

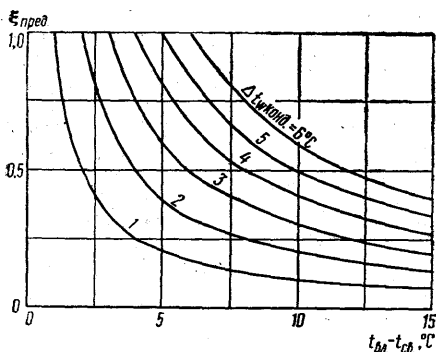


Рис. V—30. Зависимость предельного относительного количества свежей воды $\xi_{\text{пред}}$ от разности температур $t_{\text{вл}} - t_{\text{св}}$ для различных

$$\text{тепловых нагрузок } \frac{Q}{C_w G_w^{\text{конд}}} = \Delta t_w^{\text{конд}} \text{ } ^\circ\text{C}.$$

влажному термометру. При этом $t_{w2} = t_{w3} = t_{\text{вл}}$ и $\Delta t_w^{\text{гр}} = 0$. Для этого случая из уравнения (V—50):

$$\xi_{\text{пред}} = \frac{\Delta t_w^{\text{конд}}}{t_k - t_{\text{св}} - \frac{\Delta t_w^{\text{конд}}}{e^m - 1}} = \frac{\Delta t_w^{\text{конд}}}{t_{\text{вл}} - t_{\text{св}}} \quad (\text{V—59})$$

Значения $\xi_{\text{пред}}$ приведены в зависимости от $t_{\text{вл}} - t_{\text{св}}$ для разных величин $\Delta t_w^{\text{конд}}$ на рис. V—30. При $\xi > \xi_{\text{пред}}$ в градирне происходит охлаждение воздуха, на что используется часть свежей воды. Поэтому необходимо поддерживать величину ξ в пределах от нуля до $\xi_{\text{пред}}$.

На рис. V—31 приведен график расчета температуры воды по приведенным выше уравнениям для установки, состоящей из горизонтального кожухотрубного аммиачного конденсатора КТГ-90 и пленочной вентиляционной градирни ГПВ-320. Основные температурные параметры: $t_{\text{вл}} = 20^\circ\text{C}$; $t_{\text{св}} = 10^\circ\text{C}$; $\Delta t_w^{\text{конд}} = 5^\circ\text{C}$; $\xi_{\text{пред}} = \frac{5}{20 - 10} = 0.5$. С увеличением ξ от 0 до 0,5 величина подохлаждения воды в градирне $\Delta t_w^{\text{гр}}$ уменьшается от 5 до 0°C .

ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОДООХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

При обслуживании водоохлаждающих устройств необходимо поддерживать водный баланс и определенный уровень жесткости воды;

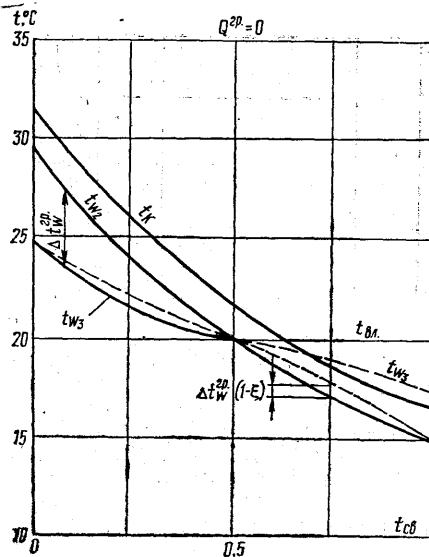


Рис. V—31. Зависимость температур в конденсаторной установке с пленочной градирней от относительного количества свежей воды ξ .

обеспечивать защиту сооружений от засорения и разрушения; принимать меры к предотвращению обмерзания водоохлаждающих устройств зимой.

Водный баланс рассчитывают по уравнению

$$G_{w\text{св}} = G_{w\text{о}} + G_{w\text{у}} + G_{w\text{п}}, \quad (\text{V—60})$$

где $G_{w\text{св}}$ — общий расход свежей воды, добавляемой в градирню, кг/с;

$G_{w\text{о}}$ — расход воды, испарившейся в градирне, кг/с;

$G_{w\text{у}}$ — расход воды, унесенной воздухом из градирни в виде капель, кг/с;

$G_{w\text{п}}$ — расход продувочной воды, сброшенной в канализацию для поддержания жесткости воды в системе на надлежащем уровне, кг/с.

Расход испарившейся воды

$$G_{w\text{о}} = G_w \frac{c_w \Delta t_w}{\epsilon}, \quad (\text{V—61})$$

или в процентах от количества циркулирующей воды G_w

$$g_{w\text{о}} = \frac{c_w 100}{\epsilon} \Delta t_w, \quad (\text{V—62})$$

где ϵ — тепловлажностное отношение процесса изменения состояния воздуха в градирне, кДж/кг.

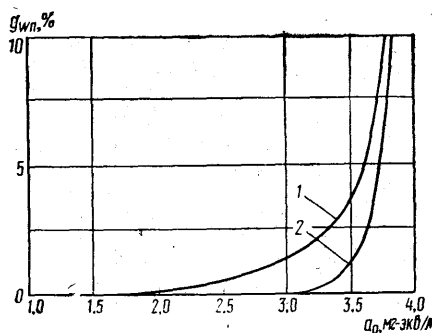


Рис. V—32. Зависимость расхода воды на продувку водоохлаждающих устройств от жесткости добавляемой воды:

1—для вентиляционной градирни ($g_{wy}=0,5\text{\%}$); 2—для брызгального бассейна ($g_{wy}=3\text{\%}$, $g_{w0}=0,6\text{\%}$, $a=4 \text{ мг-экв/л}$).

Среднее значение тепловлажностных отношений при температурных условиях, характерных для холодильных установок: летом ($t_{в1} \approx 30^\circ \text{C}$) — $\varepsilon=2800 \text{ кДж/кг}$ $g_{w0}=0,15 \Delta t_w$; осенью и весной ($t_{в1} \approx 0^\circ \text{C}$) — $\varepsilon=4200 \text{ кДж/кг}$ $g_{w0}=0,10 \Delta t_w$; зимой ($t_{в1} \approx -10^\circ \text{C}$) — $\varepsilon=5600 \text{ кДж/кг}$ $g_{w0}=0,75 \Delta t_w$.

Количество воды, унесенное воздухом (в % от полного ее расхода), $g_{wy} = \frac{G_{wy}}{G_w} \cdot 100\%$ приведено ниже:

Брызгальные бассейны	
с $G_w \leq 150 \text{ кг/с}$	2—3
с $G_w > 150 \text{ кг/с}$	1,5—2
Открытые градирни с жалюзи	
обычными	1—1,5
вертикальными	0,5—1
Вентиляторные градирни	0,3—0,5

Относительное количество воды, израсходованной на продувку водоохлаждающего устройства $g_{wp} = \frac{G_{wp}}{G_w} \cdot 100\%$,

$$g_{wp} = \frac{a_0 - g_{w0}}{a_{пр} - a_0} - g_{wy}, \quad (V-63)$$

где a_0 — карбонатная жесткость свежей воды, добавляемой в градирню, мг-экв/л;
 $a_{пр}$ — предельная карбонатная жесткость воды, превышение которой приводит при данной температуре к выпадению карбонатных солей, мг-экв/л; ($a_{пр}=3—4,5 \text{ мг-экв/л}=8,4—12,6 \text{ градусов жесткости}$).

Зависимость количества продувочной воды от жесткости добавляемой воды приведена на графике (рис. V—32). Величина g_{wp} не должна превышать 3—4%. При несоблюдении этого условия (при $a_0 > 3 \text{ мг-экв/л}$, $a_0 \geq a_{пр}$) необходима предварительная химическая обработка воды — подкисление, фосфатирование, умягчение, рекарбонизация.

При подкислении воды во избежание коррозии желательно получать жесткость воды $a_x \geq 1,5—2 \text{ мг-экв/л}$.

Расход кислоты G_k в кг на 1 т добавляемой воды:

$$G_k = \frac{g_k}{10n} (a_0 - a_x), \quad (V-64)$$

где g_k — расход 100% кислоты в г на 1 т воды, необходимой для понижения ее карбонатной жесткости на 1 мг-экв/л (для серной кислоты $g_k=49,0$, для соляной $g_k=36,4$);

n — крепость кислоты, %.

При фосфатировании (добавление фосфатов, задерживающих выпадение карбоната кальция и разрушающих старую накипь) в циркулирующей воде должно содержаться P_2O_5 1,5—2,5 мг/л. Количество добавляемых фосфатов G_{ϕ} (в кг на 1 т добавляемой свежей воды);

$$G_{\phi} = \frac{0,15 \div 0,25}{n} + \frac{0,012 \div 0,02}{n} \cdot \frac{V}{G_{wсв}}, \quad (V-65)$$

где V — вместимость циркуляционной системы, м^3 ;

$G_{wсв}$ — расход свежей воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$n\%$ — содержание P_2O_5 в добавляемом фосфате (суперфосфат $n=16—18\%$, три-натрийфосфат $n=17—18\%$, гексаметофосфат натрия $n=65—67\%$).

При фосфатировании карбонатная жесткость циркуляционной воды должна за счет продувки поддерживаться на уровне 6—8 мг-экв/л.

При известковании воды (удалении из воды карбонатных солей) величина a_x должна составить 0,9 мг-экв/л.

Умягчение воды на Na-катионитовых фильтрах приводит к снижению как карбонатной, так и некарбонатной жесткости. Этот способ наименее экономичный. Кроме умягчения воды производят ее рекарбонизацию — поддерживание в циркуляционной воде путем промывки дымовых газов необходимого количества свободной углекислоты, предотвращающей выпадение накипи.

При механической загрязненности воды необходима ее фильтрация или отстаивание.

Наиболее распространенным способом борьбы с «цветением» (растительными микроорганизмами) является хлорирование воды. Коли-

чество хлора рассчитывают так, чтобы остаточное содержание свободного хлора в воде было 0,5 мг/л.

Металлические части градирен и брызгальных бассейнов покрывают коррозиестойчивой краской (1 раз в году). Деревянные детали градирен пропитывают соевыми антисептиками. Асбестоцементные листы для обшивки должны быть пропитаны парафино-стеариновой эмульсией или покрыты с обеих сторон защитной окраской.

Для контроля за работой водоохлаждающих устройств предусматривают следующие приборы: термометры на линиях теплой и охлажденной воды; водомеры на линиях циркуляционной и свежей воды; манометр перед водораспределителем; крыльчатый анемометр; психрометр.

При эксплуатации градирни периодически проверяют ее работу и записывают показания контрольных приборов.

При обслуживании водоохлаждающих устройств в зимнее время принимают меры к предотвращению их обмерзания.

Наилучшим способом борьбы с образованием льда в вентиляционной градирне является периодическая остановка вентилятора терморегулятором, поддерживающим постоянную температуру охлажденной воды в 10—12°С. В открытых градирнях (оросительных и брызгальных) для повышения температуры воды и уменьшения обмерзания устраивается второй оросительный коллектор на меньшей высоте, включаемый в зимнее время. При этом верхнее оросительное устройство отключается. В брызгальных бассейнах температура воды поддерживается зимой на уровне 5—7°С за счет отключения части сопел и сброса части воды в резервуар помимо них.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев В. П., Пономарева Э. Д., Дорошенко А. В. Исследование рабочих характеристик пленочных градирен с регулярной насадкой — «Холодильная техника», 1968, № 8, с. 25—29.

Берман Л. Д. Испарительное охлаждение циркуляционной воды, М., Госэнергоиздат, 1957. 320 с.

Гладков В. А., Арефьев Ю. И., Барменков Р. А. «Вентиляторные градирни». М., Гостройиздат, 1964. 160 с.

Гоголин В. А. Исследование теплообменного аппарата с орошаемой сотоблочной насадкой. — «Холодильная техника», 1969, № 5. с. 16—20.

Кокорин О. Я., Сарисвили М. Д. Исследование испарительного охлаждения воды в насадке глубиной до 2 м. — «Холодильная техника», 1973, № 11, с. 19—23.

Кузнецова А. А. Интенсивная пленочная градирня с щелевой насадкой. — Сборник трудов ВНИХИ, 1967, № 4. 199 с.

Малов В. С. Использование декоративных фонтанов для охлаждения конденсаторов холодильных установок — «Холодильная техника», 1971, № 3, с. 30—35.

Стефанов Е. В. Исследование аппарата с орошаемой сетчатой насадкой для кондиционирования воздуха — «Холодильная техника», 1966, № 12, с. 17—22.

Фарфоровский Б. С., Пятов Я. Н. Проектирование охладителей для систем производственного водоснабжения. Л., Стройиздат, 1960. 172 с.

Фарфоровский Б. С., Фарфоровский В. Б. Охладители циркуляционной воды тепловых электростанций. Л., «Энергия», 1972. 112 с.

ГЛАВА VI

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, СВЯЗЬ

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Условия присоединения предприятия к энергосистеме

Исходными документами для разработки проекта присоединения предприятия к энергосистеме и системам связи являются технические условия на электроснабжение, телефонизацию и радиофикацию, содержащие следующие основные сведения: технические данные мест присоединения, перечень работ и оборудования для реконструкции сооружений электроснабжения и связи, схему и режим работы питающих линий, число отходящих линий к другим потребителям города и их мощность или емкость, расчетные величины токов короткого замыкания и замыкания на землю, уровень напряжения, тариф на энергию, условия кооперирования, условия выноса существующих линий, мешающих строительству зданий или дорог.

В соответствии с техническими условиями согласовывают с местными организациями трассы линий на планах города в масштабе не меньше чем 1 : 5000 для технического проекта и 1 : 500 или 1 : 1000 — для технорабочего и рабочего проектов.

Характеристика потребителей электроэнергии по степени надежности электроснабжения

По степени надежности электроснабжения предприятия в целом, отдельные цехи и группы электроприемников согласно «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) распределяются по категориям.

Первая категория допускает перерыв электроснабжения на период времени, необходимый для автоматического ввода резервного питания, вторая — для ручного включения резервного питания, третья — для ремонта поврежденного элемента системы электроснабжения, но не более одних суток.

По надежности электроснабжения холодильники с условной емкостью хранения менее 600 т относятся к третьей категории, емкостью

600 т и более — ко второй категории. Производственные и вспомогательные цехи холодильника относят к третьей категории надежности, однако некоторые насосные и котельные могут быть отнесены к первой категории. Насосные и котельные, а также насосы, используемые для тушения пожара, должны иметь первую категорию по надежности электроснабжения. Для повышения надежности электроснабжения (на случай выхода из строя силового трансформатора на какой-либо из двух соседних однотрансформаторных подстанций) в пределах территории холодильника устраивают кабельные резервные связи на напряжении 380/220 В. Устройство резервных кабельных связей на напряжении 6 или 10 кВ не обеспечивает резервирования электроснабжения в случае повреждения трансформатора.

Классификация помещений по степени опасности

Помещения вместе с находящимися в них элементами электроустановок (электрооборудование, электропроводки, светильники) классифицируют согласно ПУЭ по степени влияния окружающей среды на элементы электроустановки, опасности поражения людей током (табл. VI—1).

Взрывоопасными считаются помещения, в которых по условиям технологического процесса могут образовываться взрывоопасные смеси. На холодильниках с аммиачными холодильными установками к взрывоопасным относятся машинные и аппаратные отделения, склады аммиака и зарядные помещения (в верхней зоне).

В соответствии с ПУЭ взрывоопасные помещения холодильников относятся к классу В-1б (табл. VI—2).

Рядом с машинным отделением аммиачной холодильной установки рекомендуют устраивать электропомещение, в котором размещают распределительные устройства, аппараты управления, выключатели освещения и другие коммутрующие аппараты, искрящие при работе. Электропомещения с оборудованием напряжением до 1000 В отделяют от помещений класса В-1б

Таблица VI—1

Характеристика помещений хладокомбинатов по степени влияния окружающей среды и опасности поражения людей током

Помещение	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Степень влажности (по ПУЭ)	Степень опасности поражения током (по ПУЭ)
Камеры, вестибюли, коридоры	Выше 5	90	Сырые	Особая
То же	5 и ниже	98	Особо сырые	»
Помещения распределительных устройств холодильной установки	12	80	Сырые	»
обогрева рабочих кладовщиков	22	50	Сухие	Повышенная
сушки одежды	18	50	»	»
Машинное отделение лифтов	16	60	Влажные	»
Помещения для парафинирования сыров	5	70	»	»
Машинное и аппаратное отделения холодильной установки	16	70	»	»
Станция насосная	16	60	»	»
зарядки и профилактики тяговых аккумуляторов	10	70	»	»
Цех производства мороженого	10	70	Влажные	Повышенная
фасовки масла	16	80	Сырые	Особая
выпечки вафель	18	70	Влажные	Повышенная
производства сухого льда	18	70	»	»
Электропомещение	12	70	»	»
	16	50	Сухие	»

Таблица VI—2

Категории и классы взрыво- и пожароопасности помещений хладокомбинатов

Помещения	Категория по СНиП II-М.2—72	Класс по ПУЭ (глава VII)
-----------	-----------------------------	--------------------------

Холодильники

Камеры охлаждаемого склада с температурой 5°С (и ниже)	Д	—
с температурой выше 5°С (хранение продуктов в сгораемой таре или на сгораемых поддонах)	В	П-IIa
Помещения воздухоохладителей и распределительных устройств (РУ)	Д	—
Машинные и аппаратные отделения холодильных установок аммиачных	Б	В-16
фреоновых	Д	—
Электропомещения щитов станций управления щитов распределительных до 1000 В	Д	—
Помещения трансформаторов с количеством масла более 60 кг	В	П-1
Склад аммиака	Б	В-16

Помещения	Категория по СНиП II-М.2—72	Класс по ПУЭ (глава VII)
Склад масел	В	П-I
Помещение парафинирования сыров	В	П-I
Помещение для зарядки тяговых и стартерных аккумуляторных батарей		
в нижней зоне (3/4 высоты помещения)	А	—
в верхней зоне (1/4 высоты помещения)	А	В-Iб
Помещения для зарядных устройств (агрегатов)	Д	—
Электролитная, дистилляционная	Д	—
Кладовая химикатов зарядной	Д	—
Помещение стоянки и ремонта электрокаров	Д	—
Мастерская		
столярная	В	П-IIа
слесарная	Д	—
механическая	Д	—
Отделение ремонта сгораемой тары	В	П-IIа

Цехи и заводы сухого льда и жидкой углекислоты

Производственные помещения	Д	—
Склад соды и моноэтаноламина	В	П-I
Помещение для хранения моноэтаноламина в емкостях (вне здания)	—	П-3

Цехи фасовки масла

Фасовочные	Д	—
Распаковочно-упаковочные	В	П-IIа
Размораживания	В	П-IIа

Фабрика мороженого

Склады хранения муки		
для бестарного хранения	Б	В-IIа
в мешках	В	П-IIа
Склады сырья (сахар, крахмал, какао и др.)	В	П-IIа
Помещение для выпечки вафель	Г	—
Помещение для приготовления теста	Д	—
Помещение стерилизации палочек	В	П-IIа
Фризерно-фасовочное отделение	Д	—
Пастеризационное, аппаратное отделение	Д	—
Помещение приема молока	Д	—
Помещение приготовления тортов	Д	—
Заготовительное отделение	Д	—
Помещение приготовления глазури, крема	Д	—
Моечные помещения	Д	—
Станция ледяной воды	Д	—
Лаборатория (химическая, бактериологическая)	Д	—

несгораемой стеной со степенью огнестойкости не менее 1 ч.

Помещения комплектных трансформаторных подстанций (КТП) отделяют стеной со степенью огнестойкости не менее 1,5 ч. Над помещением КТП можно размещать только производственные, вспомогательные (с нормальной влажностью) и бытовые помещения с числом людей не более 50. Электропомещения с оборудованием напряжением выше 1000 В не должны непосредственно сообщаться с помещением класса В-1б.

Отверстия в полу и стенах для прохода кабелей и труб во взрывоопасные помещения класса В-1б должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами. В качестве заземляющих проводников применяют только нулевые провода и жилы кабелей. Дополнительно в качестве заземляющих проводников допускается использовать металлические конструкции, трубы электропроводов, оболочки кабелей, стальные шины заземления.

В помещениях класса В-1б заземляющие проводники должны обеспечить величину тока однополюсного замыкания, достаточную для надежной работы защиты. Этот ток должен превышать номинальные токи предохранителя в 4 раза, выключателя в 6 раз для обеспечения быстрого автоматического отключения аварийного участка.

В помещениях класса В-1б защита кабелей и проводов от сверхтоков, марки и способы прокладки такие же, как в невзрывоопасных помещениях. Изоляция проводов и кабелей при напряжении в сети 380 В должна быть рассчитана на напряжение не ниже 660 В. Помещения складов бестарного хранения муки и производства сахарной пудры в зданиях фабрики мороженого относятся к взрывоопасным класса В-1б. В таких помещениях необходимо заземлять металлические емкости для муки и сахарной пудры. Влажность воздуха следует поддерживать не ниже 70%. К оборудованию, используемому во взрывоопасных помещениях, предъявляют особые требования (см. с. 218).

Пожароопасными считаются помещения, в которых находятся горючие вещества. Согласно ПУЭ на холодильниках к пожароопасным помещениям относятся склад смазочных масел, парфюмерная сыров (класс П-1), столовые, гардеробы, бельевые, склады сгораемых материалов (класс П-1а). Склады, охлаждаемые до 5—40°С к числу пожароопасных не относятся. Классификация помещений холодильников по пожароопасности приведена в табл. VI-2. Об электрооборудовании, устанавливаемом в пожароопасных помещениях, см. с. 218.

В пожароопасных помещениях всех классов проводка должна быть защищена трубами или выполнена кабелем в полихлорвиниловой или

другой негорючей оболочке. Алюминиевые жилы следует соединять сваркой, пайкой или опрессовкой. Ответительные коробки должны быть несгораемыми со степенью защиты не ниже IP60. Рекомендуется установка простейших извещателей (датчиков), реагирующих на повышение температуры. В пожароопасных помещениях предусмотрена автоматическая тревожная сигнализация, возвещающая о возникновении пожара.

Схемы электроснабжения

Холодильники с условной емкостью хранения 600—30 000 т, отнесенные ко второй категории по обеспечению надежности электроснабжения, получают электроэнергию по двум линиям напряжением 6 и 10 кВ или по одной линии, расщепленной на два кабеля. Подстанция такого холодильника должна иметь два трансформатора.

Холодильники емкостью менее 600 т, отнесенные к третьей категории по обеспечению надежности электроснабжения, могут получать электроэнергию по одной линии и иметь один трансформатор на подстанции. Если вблизи такого холодильника есть трансформаторная подстанция города или промышленного предприятия достаточной мощности, питание холодильника можно осуществить по одной или двум линиям напряжением 380/220 В от этой подстанции.

Возможны следующие схемы электроснабжения холодильников (в порядке возрастающей степени надежности): по одной линии; по двум линиям, из которых одна отключена и служит резервной, включаемой при выходе из строя первой; по двум линиям, из которых одна питающая, другая — отходящая к другим предприятиям, причем назначение каждой из линий может меняться на обратное (питающая — отходящая); по двум линиям, работающим параллельно; по двум линиям, работающим одновременно раздельно, каждая на свою секцию шин распределительного пункта (РП) холодильника. Наиболее надежной является последняя схема, особенно если обе питающие линии исходят от разных секций одного и того же питающего центра (рис. VI-1).

При электроснабжении РП холодильника по двум линиям, исходящим от двух различных подстанций или по различным ветвям одного и того же шлейфа, включающего ряд подстанций и разомкнутого на РП холодильника, питание производится по одной или другой линии или ветви шлейфа, каждая из которых рассчитана на пропуск всей мощности холодильника плюс мощность шлейфа в аварийном режиме. Электропитание осуществляется таким

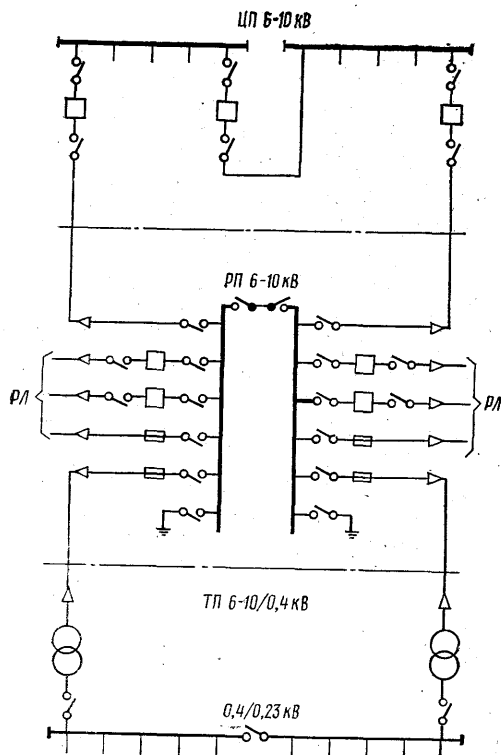


Рис. VI—1. Схема электроснабжения:

ЦП—центр питания (питающая подстанция); РП—распределительный пункт хладокомбината; ТП—трансформаторная подстанция холодильника; РЛ—резервные отходящие линии городской электросети и хладокомбината.

же образом, если кабельный шлейф, исходящий от одного питающего центра, не всегда разомкнут на подстанции холодильника, а иногда через нее происходит передача электроэнергии по шлейфу к другим подстанциям шлейфа.

При питании по двум линиям рекомендуется на распределительном пункте (РП) холодильника иметь две секции шин. Соединение секций между собой осуществляется через разъединители или секционные выключатели [последние требуются при наличии автоматического включения резерва (АВР) между секциями шин].

При питании по одной однокабельной линии или расщепленной двухкабельной схема электроснабжения упрощается и подстанция или РП холодильника могут иметь одну секцию шин. Трансформаторы напряжения на секциях шин можно не устанавливать, если не требуется

устройство АВР и учет энергии на стороне высшего напряжения автоматический. Выключатели на вводах или на секционном выключателе также можно не устанавливать, если не требуется АВР. На вводах в РП холодильника достаточно установить выключатели нагрузки или разъединители, а в качестве секционного—простые разъединители.

Питающие линии

Питающие линии напряжением 0,4; 6 или 10 кВ могут быть воздушными или кабельными. Воздушные линии значительно дешевле кабельных и удобнее для проведения ремонта. Прокладка воздушных линий допускается только на окраине города, не предусмотренной для застройки. Воздушные линии в отличие от кабельных могут проходить по пересеченной или заболоченной местности, где прокладка кабеля затруднена.

Кабельные линии целесообразно прокладывать по спланированной городской территории, вдоль улиц и проездов. Трассы воздушных и кабельных линий согласовывают с главным архитектором города.

Воздушные линии имеют опоры—деревянные, деревянные на железобетонных приставках, железобетонные или металлические.

На территории холодильника воздушные линии служат для наружного освещения, причем в холодильниках, расположенных в приморских районах и районах с сильным гололедом и ветром вместо воздушных линий наружного освещения применяют кабельные.

В связи с тем, что воздушные линии подвержены влиянию грозových перенапряжений, на концах линий и на подходе к подстанциям устанавливают разрядники, предохраняющие изоляцию линий и аппаратов подстанций от повреждений.

Провода воздушных линий—алюминиевые (реже стальные или сталеалюминиевые). Сечение алюминиевых проводов воздушных линий не менее 25 мм². Кабельные линии прокладывают в траншеях на глубине 0,7 м от поверхности земли. Кабель должен проходить по возможности параллельно проезжей части улиц и дорог. Оболочки кабеля могут быть алюминиевыми, пластмассовыми или свинцовыми. Алюминиевая оболочка неустойчива к химической коррозии. Наиболее устойчивой к химической и электрической коррозии является пластмассовая оболочка кабеля. Алюминиевая и свинцовая оболочки кабелей подвержены электрической коррозии. Для прокладки в грунтах, содержащих агрессивные к металлу химические вещества, выбирают кабели с пластмассовой оболочкой или с металлической оболочкой, дополнительно заключенной сверху в

Таблица VI—3

Коррозионная активность грунтов и вод по отношению к алюминиевой оболочке кабелей

Коррозионная активность	pH	Cl	SO ₄ ²⁻	Fe ³⁺
Низкая	6,0—7,5	<0,001%, <5 мг/л	<0,005%, <30 мг/л	<0,002%, <1 мг/л
Средняя	4,5—6,0 и 7,5—8,5	0,001—0,005%, 5—50 мг/л	0,005—0,010%, 30—150 мг/л	0,002—0,010%, 1—10 мг/л
Высокая	<4,5 и >8,5	>0,005%, >50 мг/л	>0,010%, >150 мг/л	>0,010%, >10 мг/л

пластмассовый шланг. Для прокладки кабелей в грунтах, содержащих твердые и острые включения, предусматривают бронированные кабели. Для мягких грунтов, не содержащих камней, используют небронированные кабели.

Марки кабелей, прокладываемых в землю, выбирают с учетом агрессивности грунта и почвенных вод к материалу оболочки кабелей (табл. VI—3).

В проекте кабельных линий предусматривают устройство контрольных выводов от оболочки кабеля в тех случаях, когда вблизи трассы (менее 500 м) параллельно проходит электрифицированная железная дорога постоянного тока или имеются другие источники блуждающих токов.

Контрольные выводы служат для контрольных замеров потенциалов на оболочке кабеля в течение первого года его эксплуатации. Контрольные выводы делают на поворотах трассы кабеля и у кабельных соединительных муфт.

Для отвода блуждающих токов применяют различные виды защит. Наиболее простой

является дренажная защита, заключающаяся в устройстве металлических соединений оболочки кабеля, предотвращающих стекание тока с оболочки в грунт. Защита эффективна при одновременном ее устройстве для всех проложенных вблизи металлических трубопроводов и сооружений.

Сечение алюминиевых проводов и жил кабелей питающих линий в рабочем режиме выбирают по данным табл. VI—4; приведенная в табл. VI—4 мощность рассчитана по экономической плотности тока, рекомендуемой ПУЭ для продолжительности максимума нагрузки, составляющего от 3000 до 5000 ч в год.

В аварийном режиме питающая линия может нести большую нагрузку по сравнению с указанной в табл. VI—4. В этом случае пользуются величинами допустимых нагрузок, приведенными в ПУЭ. Сечения кабельных линий должны быть проверены на допустимый нагрев жилы при прохождении тока короткого замыкания, обеспечивающий сохранность изоляции кабеля (нагрев пропорционален величине тока

Таблица VI—4

Пропускная способность питающих линий

Сечение провода (жилы), мм ²	Пропускная способность линии (в кВА) при напряжении, кВ			
	6		10	
	воздушной	кабельной	воздушной	кабельной
10	115	146	190	242
16	184	234	306	390
25	287	364	478	610
35	400	510	666	850
50	575	730	950	1210
70	800	1020	1330	1700
95	1090	1380	1810	2300
120	1370	1750	2300	2900
150	1720	2180	2850	3650
185	—	2700	—	4500
240	—	3500	—	5840

и продолжительности его действия). Сечения проводов воздушных линий и жил кабелей должны соответствовать их механической прочности, которая рассчитывается на нагрузки (от проводов, гололеда, ветра) с учетом возможных вибраций. При расчете воздушных линий пользуются климатической картой СССР. Указания по проектированию воздушных и кабельных линий приведены в ПУЭ.

Распределительные пункты

Холодильники, в которых общая мощность силовых трансформаторов составляет 1000—5000 кВА и более, имеют распределительные пункты (РП) напряжением 6 или 10 кВ.

РП выполняют следующие функции: — принимают вводные питающие линии, подводящие электроэнергию предприятию, на свои сборные шины; распределяют электроэнергию со сборных шин к каждому силовому трансформатору предприятия; распределяют электроэнергию со сборных шин к городским электроприемникам (другим предприятиям); защищают от сверхтоков все отходящие линии к силовым трансформаторам холодильника и городским электроприемникам; обеспечивают автоматическое включение резерва (АВР) на вводах питающих линий или между двумя секциями шин РП, если АВР требуется для городских электроприемников по техническим условиям, выданным энергоснабжающей организацией; обеспечивают защиту питающих линий в случае их параллельной работы.

Основным электрооборудованием, устанавливаемым на РП, являются: разъединители, отключающие токи холостого хода трансформаторов; выключатели нагрузки, отключающие токи нагрузки данной линии; плавкие предохранители или выключатели масляные, отключающие сверхтоки перегрузки или короткого замыкания; измерительные трансформаторы тока и напряжения и измерительные приборы.

Электрооборудование РП изготавливается на заводах в виде комплектиных распределительных устройств (КРУ) — металлических камер со сборными шинами, аппаратурой и всеми необходимыми соединениями первичной и вторичной коммутации.

Распределительные пункты холодильников комплектуют из камер одностороннего обслуживания со стационарно в них установленным электрооборудованием серии КСО. Габаритные размеры этих камер: 1×1, 2×3 м. Камеры КРУ устанавливают в специальных электропомещениях. Если общее число камер КРУ в РП более шести, они могут быть размещены в два ряда вдоль противоположных стен электропомещения с центральным проходом для обслуживания. Каждый ряд камер представляет со-

бой одну секцию шин КРУ. Обе секции присоединяются шинным мостом, проходящим над коридором обслуживания. Секционные разъединители могут быть установлены на шинном мосту, а если требуется устройство АВР между секциями шин, устанавливаются дополнительно две камеры с секционным выключателем. Распределительный пункт холодильника, питающий также городскую электросеть, размещают в отдельном одноэтажном здании. Здание для РП может быть совмещено с другими зданиями, например со зданием весовой, проходной. Здание должно иметь несгораемую утепленную кровлю и естественную вентиляцию (во избежание конденсации влаги на потолке при изменении температуры наружного воздуха). В здании РП должен находиться инвентарь, обеспечивающий безопасное обслуживание установки высокого напряжения (коврики, галоши, штанги, индикаторы напряжения, заземлители, плакаты и схемы РП), а также противопожарный инвентарь.

Трансформаторные подстанции

При питании по линиям 6 или 10 кВ трансформаторы, понижающие это напряжение до низшего напряжения 380/220 В, должны быть помещены возможно ближе к основным группам электроприемников холодильника. Если электроприемники холодильника расположены так, что по числу и мощности образуют большие группы, отстоящие одна от другой на значительном расстоянии, целесообразно поместить трансформаторы в нескольких центрах электрической нагрузки предприятия.

Основная часть электрической нагрузки холодильника сосредоточена в машинном отделении холодильной установки, около которого должны быть установлены трансформаторы и распределительный щит низшего напряжения 380/220 В. Подстанция машинного отделения является главной, а часто и единственной подстанцией предприятия. Она должна содержать два силовых трансформатора, что связано с условиями надежности электроснабжения, а также с сезонностью электрической нагрузки холодильника. В зимний период нагрузка может составлять половину от летней нагрузки: тогда на зимний период времени один из трансформаторов может быть отключен.

Подстанции других цехов предприятия могут иметь один трансформатор, если эти цеха относятся к III категории по обеспечению надежности электроснабжения. Трансформаторы могут быть установлены как внутри помещения, так и снаружи у стены цеха. Последний вариант размещения предпочтительнее, так как сокращает размеры здания и создает благоприятные условия для охлаждения трансфор-

матора, что особенно важно при жарком климате и большой мощности трансформатора.

Заводами выпускаются комплектные трансформаторные подстанции (КТП), которые могут быть одно- или двухтрансформаторными, одно- или двухрядного размещения, с внутренней или наружной (у стен помещения) установкой трансформаторов. На холодильниках электропомещения для КТП с внутренней или наружной установкой трансформаторов располагают при машинном отделении, а также при отдельных цехах. В помещениях КТП поддерживают температуру воздуха в пределах от 5 до 35°С с учетом тепла, выделяемого электрооборудованием. Отвод излишнего тепла летом обеспечивается вентиляцией. В электропомещении для КТП могут быть установлены также щиты станций управления, конденсаторы и другое электрооборудование. Над помещением нельзя располагать вентиляционные камеры с калориферами, душевые, санузлы и помещения с повышенной влажностью.

Электрические сети

Распределение электроэнергии от трансформаторной подстанции к электроприемникам происходит по распределительной кабельной сети при напряжении 380/220 В. От распределительного щита подстанции отходят трех- или четырехпроводные кабели к крупным двигателям, распределительным пунктам, от которых питаются силовые электроприемники небольшой мощности, и к ряду осветительных щитков.

Кабели к щиткам освещения должны быть четырехпроводными. Кабели к силовым распределительным пунктам могут быть и трехпроводными, если требуемое сопротивление петли фаза — нуль обеспечивается другими путями, например использованием алюминиевой оболочки кабеля в качестве нулевого провода или сетью заземления.

Для помещений холодильника, а также производственных цехов с высокой влажностью рекомендуются небронированные кабели с оболочкой из негорючего пластика. Сечение кабеля выбирают согласно требованиям ПУЭ и по расчетам на допустимую потерю напряжения. Питание освещения и силовых электроприемников рекомендуется производить по отдельным кабелям. Общие кабели для совместного питания осветительных и силовых электроприемников допустимы для питания отдельных зданий, далеко отстоящих от трансформаторных подстанций и имеющих относительно небольшую суммарную мощность силовых электроприемников (например, административных зданий). Целесообразность совместного или раздельного питания определяется расчетом

на потерю напряжения в том и другом случае. Надежность электроснабжения административных зданий обеспечивается устройством питания не менее чем по двум кабелям.

Групповая сеть от ЩСУ или распределительных пунктов к отдельным двигателям или нагревателям может быть трех- или четырехпроводной. Достаточно малое сопротивление петли фаза — нуль, обеспечивающее четкую работу защиты от однополюсных замыканий, может быть достигнуто только за счет сети заземления при трехпроводной сети или за счет нулевой жилы кабеля — при четырехпроводной сети.

Сеть наружного освещения и групповая сеть от щитков освещения к группам ламп может быть двух-, трех- или четырехпроводной. При большом числе люминесцентных ламп для сглаживания пульсации светового потока применяют четырехпроводные трехфазные групповые линии, позволяющие чередовать присоединение соседних ламп к различным фазам трехфазной сети.

Для облегчения эксплуатации электросети рекомендуется открытая прокладка кабелей. Токовая защита в головной части каждого участка электросети должна обеспечивать пожарную безопасность и сохранность кабеля. Установки по току и времени срабатывания защиты должны соответствовать требованиям ПУЭ. Выключатели и предохранители должны быстро отключать ток короткого замыкания, не отключать пусковых токов двигателей и в течение допустимого по нагреву кабеля времени отключать токи перегрузки. Аппараты, отключающие сверхтоки, должны иметь прочность, достаточную для отключения мощности короткого замыкания.

Определение электрических нагрузок

Для выбора всех элементов системы электроснабжения необходимо определить электрические нагрузки (потребляемую мощность). Максимальную потребляемую мощность P_m (в кВт) рассчитывают путем умножения суммарной установленной, номинальной, паспортной мощности всех электроприемников или потребителей P_n (в кВт), присоединенных к данному элементу системы электроснабжения (исключая противопожарные и резервные агрегаты), на коэффициенты спроса K_c , представляющие собой отношение максимальной нагрузки P_m (в кВт) к суммарной установленной мощности электроприемников (без резервных)

$$P_m = P_n K_c. \quad (VI-1)$$

Отношение максимальной нагрузки P_m к средней нагрузке за максимально нагруженную

смену $P_{см}$ или коэффициент максимума K_m определяют по формуле

$$K_m = \frac{P_m}{P_{см}}, \quad (VI-2)$$

Отношение средней нагрузки за смену $P_{см}$ к установленной мощности P_n или коэффициент использования K_n вычисляют, применяя формулу

$$P_{см} = P_n K_n \text{ и } P_m = P_n K_n K_m, \quad (VI-3)$$

$$K_c = K_n K_m = K_n \cdot 1,1 \text{ или } K_n = 0,9 K_c, \quad (VI-4)$$

Этими соотношениями можно пользоваться для перевода имеющихся значений коэффициентов K_n в коэффициенты K_c , и наоборот. Коэффициенты спроса K_c и мощности $\cos \varphi$, а также годовое число использования максимума нагрузки T_n можно вычислить по отчетным данным действующих предприятий о результатах измерения расходов активной и реактивной

энергии и максимальных нагрузок. Эти расчеты можно произвести по предприятию в целом или по его цехам на основании учета энергии и измерения максимальных нагрузок. В целом по холодильнику коэффициент спроса находится в пределах от 0,4 до 0,5.

Коэффициенты спроса мощности и годовые числа часов использования максимума нагрузки по группам однородных электроприемников холодильников приведены в табл. VI—5.

Коэффициенты спроса K_c или использования K_n учитывают все факторы, определяющие потребление мощности из сети: неполную механическую нагрузку на валу двигателей по их номинальной мощности, неодновременную работу всех электроприемников и электрические потери мощности в сети и в двигателях при их работе.

Электрические потери мощности в силовых трансформаторах учитывают дополнительно. Суммарную максимальную нагрузку по не-

Таблица VI—5

Коэффициенты спроса, мощности и годовые числа часов использования максимума нагрузки

Электроприемники	Коэффициенты		Годовое число часов использования максимума нагрузки T_n
	спроса K_c	мощности $\cos \varphi$	
Компрессоры	0,7	0,8	3400
Насосы			
аммиачные	0,7	0,8	5000
водяные	0,7	0,8	3000
Вентильеры			
холодильника	0,5	0,8	3000
сантехнические	0,5	0,8	2000
Грузоподъемники	0,35	0,6	2000
Мастерские	0,4	0,7	2500
Котельная	0,7	0,8	4000
Тепловой пункт	0,6	0,8	4000
Зарядная	0,75	0,8	1500
Столовая	0,5	0,85	1200
Прачечная	0,5	0,8	1500
Цех			
мороженого	0,55	0,75	3500
вафельный	0,85	0,95	3700
замораживания	0,6	0,75	2000
фасовки	0,6	0,8	4000
рыбопереработки	0,75	0,9	3000
Электрообогрев грунта	0,6	0,6	5000
Освещение			
внутреннее	0,5	0,95	2000
наружное	1,0	0,95	2500
Хладокомбинат в целом	0,4	0,8	4000

скольким группам электроприемников или цехов холодильника находят, умножая сумму максимальных нагрузок на понижающий коэффициент 0,8—0,9, учитывающий несовпадение во времени максимумов нагрузок по всем группам или цехам. Меньшее значение этого коэффициента принимают в случае, когда суммируют мощность более десяти отдельных групп или цехов.

Максимальную реактивную нагрузку Q_p (в квар) определяют, умножая максимальную активную нагрузку P_m (в кВт) на $\operatorname{tg} \varphi$, который находят по величине $\cos \varphi$. Годовой расход активной и реактивной энергии определяют умножением максимальных нагрузок на годовое число часов использования максимальной нагрузки T_m . Значения $\cos \varphi$ и T_m по группам электроприемников приведены в табл. VI—5. Рассчитанная таким путем максимальная нагрузка равна электрической нагрузке, потребляемой холодильником в наиболее теплое время года или осенью, т. е. в период массового поступления сезонных продуктов.

Конденсаторы для компенсации реактивной мощности

Для компенсации реактивной мощности, потребляемой асинхронными двигателями на холодильниках, применяют батареи статических конденсаторов низшего напряжения (0,4 кВ), а также синхронные двигатели (6 кВ) и низшего (0,4 кВ) напряжения. Значение результирующего коэффициента мощности после компенсации задает энергоснабжающая организация в пределах от 0,92 до 0,95. Конденсаторы целесообразно размещать централизованно при трансформаторных подстанциях.

Конденсаторные батареи изготавливают в виде комплектных установок, снабженных измерительными приборами, защитными аппаратами и приборами для автоматического регулирования количества включенных батарей. Емкость батарей автоматически регулируется в зависимости от одного или нескольких параметров, характеризующих рабочее состояние электрической сети: тока нагрузки, напряжения в сети, значения коэффициента мощности.

Комплектные конденсаторные установки заводского изготовления для напряжения 380 В состоят из одного или нескольких металлических шкафов одностороннего обслуживания. Габаритные размеры шкафа 700×650×1900 мм. В каждом шкафу помещают по три трехфазных конденсатора мощностью 26, 36 или 50 квар каждый.

Шкала мощностей конденсаторных установок серии УК 380 В включает установки мощностью от 80 до 700 квар. Установки серии УК, кроме компенсации реактивной мощности, могут

одновременно выполнять функцию стабилизации напряжения сети, так как имеют автоматический регулятор, ступенчато изменяющий мощность включенных конденсаторных батарей в зависимости от напряжения в сети.

Приборы учета энергии и измерения

Расчет за отпущенную электроэнергию с энергоснабжающей организацией производят по показаниям счетчиков, учитывающих расход активной и реактивной энергии по предприятию с мощностью электроустановок 100 кВ·А и более. При мощности электроустановок менее 100 кВ·А учитывают расход только активной электроэнергии.

Счетчики чаще всего устанавливают на стороне низшего, реже высшего напряжения трансформаторов предприятия. Установка счетчиков со стороны низшего напряжения разрешается в том случае, когда трансформаторы со стороны высшего напряжения присоединены через плавкие предохранители и со стороны высшего напряжения отсутствуют измерительные трансформаторы тока и напряжения. Общий расход энергии определяют путем суммирования расходов по отдельным трансформаторам. Регистрации подлежит общая максимальная нагрузка предприятия, для чего специальные счетчики имеют регистратор максимальной нагрузки.

Измерительные вольтметры и амперметры в распределительных пунктах холодильника могут быть установлены, если имеются измерительные трансформаторы тока и напряжения.

На распределительных щитах низшего напряжения имеются вольтметры на каждой секции шин и амперметры на вводных и отходящих линиях. Однофазные счетчики активной энергии для цехового технического учета энергии могут быть установлены на отдельных отходящих линиях.

В комплект переносных измерительных приборов, необходимых при эксплуатации электроустановок, входят многопредельные токонмерительные клещи, измеритель сопротивления изоляции и заземлителей и сопротивления петли фаза — нуль, измеритель активной мощности (ваттметр).

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Защита электрооборудования от внешних воздействий, взрывов и пожароопасности

Для защиты от воздействия окружающей среды электрооборудование заключают в оболочки. Оболочки электрооборудования напря-

Степень защиты IP

Защита			
от проникновения твердых тел		от проникновения воды	
обозначение	диаметр, мм, свыше	обозначение	условия
1	52,5	1	Капли конденсата
2	12,5	2	Капли до 0,262 рад (15°) к вертикали
3	2,5	3	Дождь до 1,0472 рад (60°) к вертикали
4	1,0	4	Брызги любого направления
5 от отложений пыли		5	Струи любого направления
6 полностью от пыли		6	Морские волны
		7	Временное погружение в воду
		8	Длительное погружение в воду

жением до 1000 В согласно международному и общесоюзному стандартам имеют обозначения степени защиты от внешних воздействий (табл. VI—6). Условные обозначения содержат две буквы IP (защита) и две следующие за ними цифры. Первая цифра обозначает защиту от проникновения твердых тел внутрь оболочки, вторая — защиту от воды. Цифра 0 свидетельствует о том, что защита отсутствует. Если нет необходимости в данном виде защиты, вместо цифры ставится знак X. Для охлаждаемых помещений рекомендуется электрооборудование со степенью защиты от IP42 до IP54.

Во взрывоопасных помещениях класса В-16 следует выбирать стационарное электрооборудование со степенями защиты: электрические машины IP22; аппараты и приборы IP50; светильники IP60.

Искрящие части электрических машин в помещениях класса В-16 должны иметь степень защиты IP60 или кожух, продуваемый чистым воздухом. Рекомендуются электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Электродвигатели и пусковая аппаратура аварийной вентиляции, а также передвижные (переносные) аппараты и светильники должны быть любого взрывозащищенного исполнения для соответствующей категории и группы смеси.

Двигатели аварийной вентиляции должны иметь управление как внутри, так и вне взрывоопасного помещения. Двигатели и аппараты управления кранов и тельферов должны иметь степень защиты IP22 и подвод тока шланговым кабелем.

Электрические стационарные и передвижные машины должны иметь взрывонепроницаемое исполнение; аппараты и приборы — взрывонепроницаемое, маслonaполненное, искробезопасное или специальное исполнение; светильники — любое взрывозащищенное исполнение; провод-

ка должна быть кабельной или защищена стальными трубами.

Сечения проводников должны допускать ток нагрузки, равный 125% номинального тока плавкой вставки или 100% номинального тока расцепителя автоматического выключателя.

В пожароопасных помещениях следует выбирать стационарное электрооборудование со степенями защиты не ниже: для класса П-I: электрические машины IP24, аппараты и приборы искрящие IP60, аппараты и приборы неискрящие и светильники IP50, распределительные устройства до и выше 1000В IP50; для класса П-IIa: электрические машины IP20, аппараты и приборы искрящие и неискрящие IP50, светильники IP20, распределительные устройства до и выше 1000В IP20.

Выключатели групп ламп освещения охлаждаемых помещений холодильника помещают в отапливаемых помещениях на этажах холодильника, в которых размещают также групповые щитки освещения с защитными автоматическими выключателями, а также на платформах.

Мощность и число ламп освещения помещений определяют по таблицам удельной мощности ламп, приходящейся на 1 м² площади пола, в зависимости от типа светильника, высоты подвеса, окраски стен и потолков и принятой нормированной освещенности в люксах (лк). Нормированная освещенность рабочих поверхностей в помещениях холодильников приведена в табл. VI—7. Переносные лампы должны работать на переменном токе с напряжением не более 36 В.

Системы и средства освещения

В помещениях холодильника предусматриваются следующие системы освещения: общее — в помещениях холодильника и его производ-

Нормированная освещенность рабочих поверхностей в помещениях холодильников

Помещения	Плоскость рабочей поверхности	Освещенность при лампах			
		накаливания		люминесцентных	
		освещенность, лк	коэффициент запаса	освещенность, лк	коэффициент запаса
Камеры хранения, замораживания и охлаждения	Полная	20	1,5	—	—
Экспедиции, моечные, льдозаводы	"	50	1,3	—	—
Помещения для воздухоохладителей, вентиляционные камеры, бойлерные, насосные, шахты и машинные отделения лифтов	"	20	1,4	—	—
Вестибюли, коридоры холодильника, соединительные платформы	"	30	1,5	—	—
Помещения для сушки одежды, обогрева работающих	"	20	1,4	—	—
Платформы железнодорожная и автомобильная	"	50	1,4	150	1,6
Машинные и аппаратные, профилакторий погрузчиков, зарядные станции, электропомещения, мастерские, весовые	"	50	1,4	150	1,6
Лаборатории химические, бактериологические	0,8 от пола	150	1,3	200	1,5
Цехи фасовки (масла, мяса и др.)	"	100	1,4	150	1,6

венных и вспомогательных цехов; местное — для осмотра грузов в камерах хранения и ремонта холодильной установки — переносными лампами; стационарно установленными лампами местного освещения — для работы в некоторых цехах холодильника.

Предусматриваются следующие виды освещения:

рабочее — во всех помещениях и на территории предприятия, в том числе охранное освещение границ территории; аварийное — в машинном и аппаратном отделениях холодильной установки, а также во всех помещениях с числом людей более 50, в проходах и на лестницах, предназначенных для эвакуации людей из этих помещений. Питание аварийного освещения для эвакуации людей производится по отдельной линии, не зависимой от сети рабочего освещения, начиная от щита подстанции или от ввода в здание. В машинном и аппаратном отделениях аммиачных холодильных установок должны быть также переносные аккумуляторные фонари на случай прекращения подачи электроэнергии.

В охлаждаемых помещениях холодильников применяют лампы накаливания, помещенные в

осветительную арматуру, — светильники, способные противостоять тяжелым условиям окружающей среды (особой сырости и механическим воздействиям). Светильники в камерах холодильника должны иметь прочное стекло, защищенное металлической решеткой, или стекло из небьющегося материала. Влага не должна проникать внутрь светильника, а металлические части его корпуса должны быть защищены от коррозии. Конструкция светильника должна быть безопасной в пожарном отношении и обеспечивать уплотнение внутренней полости со степенью защиты оболочки светильника IP53. Желательно иметь штепсельный разъем для безопасности при замене ламп. Светильники укрепляют на потолке камеры рядами вдоль стен камеры и вдоль охлаждающих потолочных батарей и воздуховодов, под которыми оставляют проходы для циркуляции холодного воздуха и осмотра продуктов.

Светильники подвешивают или укрепляют на потолке возможно выше, так чтобы они не мешали размещению штабелей грузов.

Для усиленного освещения камер большой площади в дополнение к потолочным светильникам над проходами устанавливают прожекторы. Люминесцентное освещение использует-

ся для автомобильных и железнодорожных платформ, экспедиций, сортировочных и фасовочных отделений. В этих помещениях устанавливают светильники, рассчитанные на работу при низких температурах, например светильники наружного освещения. Люминесцентное освещение с обычными светильниками применяют в производственных конторских, общественных и бытовых помещениях с относительно высокой освещенностью и длительным пребыванием людей в них. Нормы освещенности рабочих поверхностей в помещениях холодильников (по СНиП II-A, 9—71) приведены в табл. VI—7.

Электродвигатели и пусковые аппараты

Электродвигатели, поставляются в комплекте с машинами, которые они приводят в действие. Тип, мощность, скорость вращения и исполнение двигателя по защите от воздействия окружающей среды и по безопасности выбирают при разработке технологической или санитарно-технической частей проекта.

Двигатели вентиляторов воздушного охлаждения камер холодильника должны иметь закрытое исполнение. Электродвигатели вентиляторов, устанавливаемых внутри охлаждаемых помещений, имеют влагостойкое исполнение (ВМС), которое достигается дополнительной пропиткой обмоток и покрытием специальными лаками и составами.

Управление электродвигателями осуществляется комплектами устройствами, представляющими собой панели станций управления (ЩСУ), которые имеют открытое исполнение или заключены в металлические шкафы. Открытые панели ЩСУ предназначены для установки в специальных электропомещениях, шкафовые панели — для установки в производственных и других помещениях, где они не подвержены вредным воздействиям окружающей среды и сами не создают опасности возникновения пожара или взрыва.

На холодильниках и в производственных цехах рекомендуется установка ЩСУ для управления электроприводами, имеющими автоматическое дистанционное управление или требующими различных блокировок, а также для приводов, аппаратура управления которыми должна быть вынесена ввиду тяжелых условий окружающей среды. Установка ЩСУ из открытых панелей рекомендуется в специальных отапливаемых электропомещениях (рис. VI—2).

Открытые панели удобнее в эксплуатации, чем панели, заключенные в шкафы. Шкафовые ЩСУ можно применять при установке их в производственных помещениях или (при недостатке места) для размещения открытых

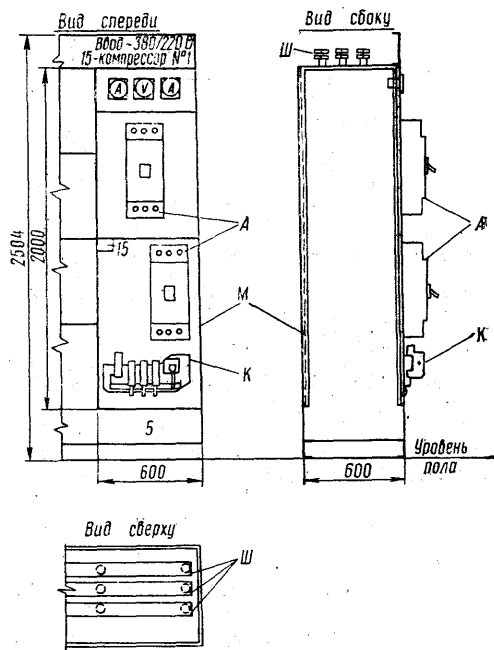


Рис. VI—2. Щит станций управления:

М—металлический каркас панелей щита; Ш—сборные шины; А—автоматический выключатель; К—контактор трехполюсный.

панелей при реконструкции предприятия. Отдельные панели ЩСУ комплектуются в щиты, в которых установлена вся аппаратура и выполнена коммутация. Панели комплектуются преимущественно из нормализованных блоков и панелей, на которых установлены автоматические выключатели, обеспечивающие защиту от сверхтоков, и пускатели или контакторы для управления работой двигателей, а также реле и аппараты, обеспечивающие нужное взаимодействие, защиту блокировки, автоматическую работу двигателей, нагревателей или других электроприемников.

Одновременно с управлением электроприводами ЩСУ могут быть частично использованы для распределения энергии. Открытые панели ЩСУ имеют высоту около 2,5 м, ширину от 0,6 до 0,7 м и глубину 0,6 м. Шкафы шире и глубже панелей на 0,2 м. Шкафы могут быть двух- и одностороннего обслуживания, что позволяет устанавливать их почти вплотную к стене. Панели и шкафы рассчитаны на подвод и отвод кабелей снизу. Кабели небольших сечений могут быть выведены наверх. Возможен подвод шинопроводом или шинами.

Электронагреватели для обогрева грунта

При устройстве обогрева грунта под охлаждаемыми зданиями в качестве электронагревателей используются стержни из круглой (арматурной) стали диаметром от 6 до 12 мм. Стержни укладывают в бетонную плиту толщиной 100 мм без электрической изоляции. Бетонная плита является защитой от коррозии и служит проводником тепла, выравнивающим тепловой поток. Нагреватели размещают по возможности равномерно в горизонтальной плите параллельно друг другу с шагом 500—800 мм, но не более 1 м. По нагревателям проходит переменный ток частотой 50 Гц пониженного напряжения. В составе бетонного раствора не должно быть токопроводящих инертных наполнителей. В местах, где колонны здания пропускают теплоизоляцию, нагреватели приближают с двух сторон к грани колонн на 50 мм. При меньшем расстоянии между стержнями и колоннами возникает опасность металлического соприкосновения нагревателей со стальной арматурой колонн. Колонны в месте приближения стержней электрически изолируют двумя слоями рубероида на битуме. Сближение стержней у колонн должно компенсировать тепловой поток, уходящий в камеру через сечение колонны.

Всю поверхность, подлежащую обогреву, разделяют на отдельные участки (часть обогреваемой поверхности, имеющая собственный понижающий трансформатор и отдельное управление его работой). В одном участке объединяют помещения с близкими значениями температуры воздуха. Величина поверхности участка не должна превышать значения, при котором требуемый тепловой поток нагревателей достигает предельного тока и мощности выбранного понижающего трансформатора на аварийной ступени напряжения (временное напряжение, на которое можно перейти до ликвидации причин, вызвавших переохлаждение грунта). Участки должны быть приблизительно равной площади и иметь одинаковые трансформаторы. Для питания участков обогрева рекомендуется использовать трехфазные понижающие трансформаторы, для небольших площадей обогрева (до 100 м²) — однофазные трансформаторы (до 3 кВ·А). После разделения всей обогреваемой поверхности на участки приступают к определению величины теплового потока. Расчет требуемого теплового потока и других параметров удобно вести на секцию, пред-

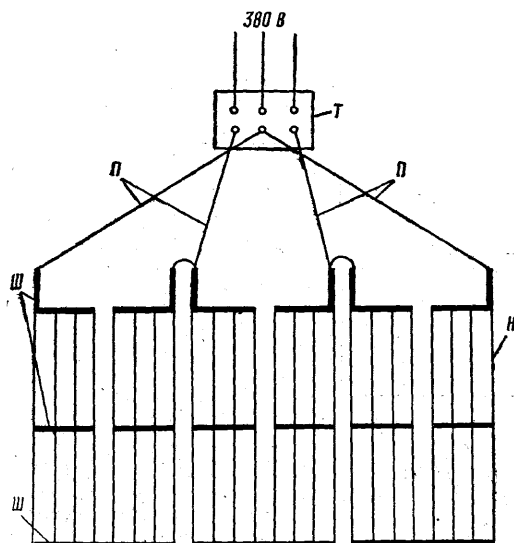


Рис. VI—3. План-схема электрообогрева грунта:

Т—трансформатор; Н—нагреватели; Ш—сборные шины; П—подводящие провода.

ставляющую собой 1/3 трехфазного участка, или на однофазный участок. Площадь секции составляет от 100 до 300 м², площадь трехфазного участка — от 300 до 900 м², однако могут быть участки и других площадей. Трехфазный участок обогрева разделяют на три одинаковые секции. Секция представляет собой часть обогреваемой поверхности, имеющей два вывода наверх от своих нагревателей, соединенных в группы для подвода по этим выводам электроэнергии к секции по подводящим проводам. Секция состоит из одной или нескольких групп нагревателей, соединенных последовательно (рис. VI—3). В группе несколько соседних нагревателей (от 2 до 8) соединяют электрически параллельно путем сварки, сборными шинами из полосовой стали (80×6÷8 мм) или ей равноценной по проводимости для переменного тока частотой 50 Гц (табл. VI—8).

Величина коэффициента мощности ($\cos \varphi$) секции в зависимости от числа параллельно соединенных нагревателей в группе n приведена ниже.

n	1	2	3	4	5	6	7	8
$\cos \varphi$	0,86	0,85	0,82	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60

*Электрическое удельное активное сопротивление нагревателей круглого сечения
переменному току частотой 50 Гц*

Диаметр нагревателей, мм	Величина r (в Ом на 1 км стержня), при токе в нагревателе, А				
	10	20	30	40	50
6	13,8	12,5	11,3	10,4	10,0
8	9,3	9,3	8,8	8,3	7,6
10	7,7	7,7	7,5	7,1	6,7
12	6,7	6,7	6,5	6,1	5,7

Расчет рекомендуется вести по методу и форме, приведенным в табл. VI—9. Температуру воздуха выбирают самую низкую, имеющуюся в помещениях, объединяемых участком. Исходной величиной расчета является мощность требуемого теплового потока, искомой — напряжение, которое надо приложить к секции, чтобы получить тепловой поток, близкий к расчетному. При расчете с целью подбора напряжения, имеющегося у выбранного трансформатора и удовлетворяющего требованиям безопасности и возможности перехода с рабочей на аварийную ступень, следует рассмотреть несколько вариантов, в которых можно изменять: общее число электронагревательных стержней и их диаметр; число нагревателей в группе и число групп в секции.

Выборанное напряжение может отличаться от полученного по расчету. При этом коэффициент запаса при работе на рабочей ступени не должен быть меньше 1,5, что необходимо для спокойного двухпозиционного регулирования температуры грунта. Средняя температура грунта при регулировании 2°С. Дифференциал регулирования устанавливается в процессе наладки.

Для трехфазных участков обогрева рабочую ступень напряжения принимают 25 В, аварийную 38 В. Питание обеспечивается трехфазным трансформатором ТСПК-20А (табл. VI—10). Трансформатор ТСПК-20А рассчитан на длительный режим работы (по к. п. д. 95,7%). Масса трансформатора 260 кг, диаметр обода 930 мм, ширина 500 мм.

По соображениям безопасности не рекомендуется превышать напряжение 65 В при работе на аварийной ступени. В расчете введен коэффициент 0,9 на напряжение холостого хода трансформатора. Этот коэффициент учитывает суммарную потерю напряжения, равную 10% — в обмотках трансформатора, при нагрузке; в

проводах от трансформатора до выводов секции; в стальных выводах секции. После введения коэффициента 0,9 получают напряжение, приложенное к секции нагревателей. При выборе аварийной ступени напряжения ток и мощность трансформатора должны оставаться в пределах допустимых по паспортным данным трансформатора.

Каждый участок обогрева должен иметь не менее двух термодатчиков, контролирующих температуру грунта. Термометры сопротивления устанавливают в специальных колодцах. Кроме стационарного термометра, в колодце предусмотрена возможность контроля температуры переносным прибором, имеющим термодатчик температуры. Колодцы располагают ближе к середине здания и в помещениях с наиболее низкой температурой.

Выводы от секции защищают от коррозии покрытием цементным раствором. На вертикальных участках полосы помещают в асбестоцементные трубы, в которые заливается цементный раствор.

Подводящие провода от трансформатора к выводам секции прокладывают открыто или в пластмассовых трубах. Сечение подводящих проводов должно соответствовать величине тока при работе на аварийной ступени напряжения. Для сокращения длины подводящих проводов трансформатор устанавливают в неотапливаемом помещении вблизи от выводов секции. Трансформатор ТСПК-20А можно устанавливать на стене. Схема соединения трансформатора с нагревателями показана на рис. VI—3. Рекомендуется соединение в треугольник.

Коммутирующие аппараты управления устанавливают со стороны высшего напряжения понижающего трансформатора на значительном расстоянии от него, желательно в отапливаемом помещении. Там же устанавливают однофазный счетчик для учета энергии.

Тепловой расчет секции электрообогрева

Показатели	Метод расчета	Пример расчета
Площадь поверхности обогрева F , м ²	По проекту	180
Расчетная температура воздуха (но не выше -10°C) $t_{\text{в}}, ^{\circ}\text{C}$	То же	-20
Температура грунта $t_{\text{г}}, ^{\circ}\text{C}$	Принята 2°C	2
Перепад температуры $\theta, ^{\circ}\text{C}$	$\theta = t_{\text{в}} + 2$	22
Коэффициент теплопередачи пола κ , Вт/(м ² ·К)	По нормам	$0,25 \cdot 1,163 = 0,29$
Коэффициент запаса K_3	Принят 2	2
Мощность (тепловой поток) секции N , Вт	$N = \theta F \kappa \cdot 2$	$22 \cdot 180 \cdot 0,29 \cdot 2 = 2300$
Диаметр нагревателя d , мм	По проекту	10
Длина одного нагревателя l , км	То же	0,048
Удельное активное сопротивление стали r_0 , Ом	По табл. VI—8	$7,5 \cdot 0,048 = 0,36$
Активное сопротивление одного нагревателя r , Ом	$r = r_0 l$	
Число параллельных нагревателей в группе n	По проекту	7,5
Число групп в секции (четное) m	То же	4
Активное сопротивление секции r_c , Ом	$r_c = r \frac{m}{n}$	$0,36 \cdot \frac{2}{4} = 0,18$
Коэффициент мощности секции	По зависимости, приведенной на с. 221	0,8
Полное сопротивление секции Z_c , Ом	$Z_c = \frac{r_c}{\cos \varphi}$	$\frac{0,18}{0,8} = 0,225$
Ток секции I_c , А	$I_c = \sqrt{\frac{N}{r_c}}$	$\sqrt{\frac{2300}{0,18}} = 113$
Ток в нагревателе I , А	$I = \frac{I_c}{n}$	$113/4 = 28$
Ток трансформатора $I_{\text{т}}$, А	$I_{\text{т}} = \sqrt{3} I_c$	$1,73 \cdot 113 = 196$
Напряжение секции расчетное U_c , В	$U_{\text{т}} = I_c Z_c$	$113 \cdot 0,225 = 25,4$
При работе на рабочей ступени напряжения трансформатора		
Напряжение секции U_c' , В	$U_c' = U_{\text{м}} \cdot 0,9$	$25,3 \cdot 0,9 = 22,7$
Предельный ток трансформатора $I_{\text{д}}'$, А	По каталогу	320
Ток нагрузки трансформатора $I_{\text{т}}'$, А	$I_{\text{т}}' = I_{\text{т}} \frac{U_c'}{U_c}$	$196 \frac{22,7}{25,4} = 174$
Коэффициент запаса K_3'	$K_3' = 2 \left(\frac{U_c'}{U_c} \right)^2$	$2 \left(\frac{22,7}{25,4} \right)^2 = 1,6$
При работе на аварийной ступени напряжения трансформатора		
Напряжение секции U_c'' , В	$U_c'' = U_{\text{т}} \cdot 0,9$	$38 \cdot 0,9 = 34,2$
Предельный ток трансформатора $I_{\text{д}}''$, А	По каталогу	320
Ток нагрузки трансформатора $I_{\text{т}}''$, А	$I_{\text{т}}'' = I_{\text{т}} \frac{U_c''}{U_c}$	$196 \frac{34,2}{25,4} = 265$
Коэффициент запаса K_3''	$K_3'' = 2 \left(\frac{U_c''}{U_c} \right)^2$	$2 \left(\frac{34,2}{25,4} \right)^2 = 3,6$

Электрические данные трехфазного трансформатора ТСПК-20А

Показатели	Номер отвода					
	1	2	3	4	5	6
Напряжение холостого хода, В	12,6	25,3	38,0	50,6	76,0	101,3
Напряжение при максимальном токе, В	11,5	24,5	36,1	48,3	74,5	100
Максимальный ток, А	480	320	320	240	160	120
Мощность, кВ·А	9,9	13,3	20,0	20,0	20,0	20,0

Устройства молниезащиты и заземлений

Здания большинства холодильников, имеющие по СНИП II степень огнестойкости, молниезащите не подлежат. Холодильники малой емкости, сооружаемые из местных материалов и имеющие III или IV степени огнестойкости, подлежат молниезащите по третьей категории, если они строятся в местности с достаточной интенсивностью грозовой деятельности и имеют достаточно большие размеры здания. Необходимость в устройстве молниезащиты определяется по формуле, приведенной в нормах. Здания или части зданий, содержащие взрыво- или пожароопасные помещения, подлежат молниезащите. Здания машинных и аппаратных помещений аммиачных холодильных установок, складов аммиака и масла, зарядных подлежат молниезащите по второй категории.

Молниезащита по второй категории может быть выполнена путем установки вертикальных стальных молниеприемников или наложением молниеприемной сетки с ячейками площадью не более 36 м² под слоем гидро- и теплоизоляции кровли. Сетку можно положить поверх существующей кровли здания. Металлическая кровля может служить молниеприемником.

Вертикальные токоотводы, соединяющие молниеприемную сетку или металлическую кровлю с заземлителями, помещают по углам здания и не реже чем через 25 м по его периметру. Допускаются следующие наименьшие размеры стальных наружных токоотводов и заземлителей: круглого сечения—диаметр 6 мм, другого профиля—площадь сечения 48 мм², прямоугольного—толщина 4 мм, углового профиля—толщина полок 2,5 мм. Верх вертикальных заземлителей из круглой стали (ввинчиваемых) и из угловой стали или труб (забиваемых) располагают на 0,6 м от поверхности земли.

Каждый токоотвод присоединяют к отдельному заземлителю с импульсным сопротивле-

нием не более 10 Ом, заземлители соединяют с подземными металлическими трубами и заземлением электрооборудования. Подземные и наземные металлические трубы при вводе в здание и металлическое оборудование внутри здания соединяют с сетью заземления электрооборудования. Наземные трубопроводы на ближайшей к зданию опоре присоединяют к заземлителю с импульсным сопротивлением не более 10 Ом.

Электроустановки холодильников должны иметь глухое рабочее заземление нейтрали трансформаторов или генераторов. При мощности трансформатора или генератора более 100 кВА сопротивление заземлителя нейтрали не должно превышать 4 Ом.

Используются естественные заземлители—металлические трубопроводы и конструкции, находящиеся в земле, а также и свинцовые оболочки кабелей. В дополнение к ним устраиваются искусственные заземлители из вертикально ввинчиваемых или забиваемых стальных электродов круглых, трубчатых, углового или другого профиля. Сопротивление заземлителей нейтрали трансформаторов, питаемых от протяженных кабельных сетей 6 или 10 кВ с током однополюсного замыкания на землю более 30 А, рассчитывают по формуле

$$R \leq \frac{125}{I}, \quad (\text{VI-5})$$

где I —ток однополюсного замыкания на землю, А.

Заземлители защитного заземления электрооборудования 6 или 10 кВ распределительного пункта холодильника, находящегося в отдельном здании, металлически не соединенные с заземлителями нейтрали трансформаторов, могут иметь сопротивление в 2 раза большее по сравнению с рассчитанным по формуле (VI—5).

СВЯЗЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

Телефонная связь

Местная внутренняя телефонная связь на холодильнике или хладокомбинате обеспечивается собственной учрежденческой автоматической телефонной станцией (АТС), размещаемой в административном здании.

Питание электроэнергией производится постоянным током напряжением 60 В от стабилизированного выпрямителя, включенного в сеть 220 В, 50 Гц. Имеется резервный выпрямитель с устройством для его автоматического включения. Телефонный кабель от городской телефонной сети непосредственно или через кабели комплексной распределительной сети холодильника соединяется с кроссом в помещении АТС.

Все телефонные аппараты (местные и городские) соединяются с кроссом через комплексную сеть, в которой общие кабели используются для всех видов связи и сигнализации, исключая радиофикацию. Кабели комплексной сети прокладываются преимущественно по стенам зданий, а между зданиями в кабельной канализации — из асбестоцементных труб.

Электрочасовая сеть

Первичные электрочасы, установленные в помещении АТС, через комплексную распределительную сеть соединяются со всеми вторичными электрочасами, расположенными в административных, конторских помещениях, в проходной, при въезде на территорию предприятия и на железнодорожной и автомобильной платформах холодильника.

Питание электроэнергией электрочасовой сети производится от сети 220 В, 50 Гц через выпрямитель напряжением 24 В постоянного тока. Длительно допустимый ток выпрямителя должен быть больше суммарного тока, потребляемого всеми вторичными электрочасами. Вторичные электрочасы могут быть внутренней или наружной установки, а также с циферблатом с одной или двух сторон часов. Двусторонние часы устанавливают на платформах холодильника и на его территории.

Тревожная сигнализация

На холодильнике предусмотрены три вида тревожной сигнализации: пожарная, охранная и сигнализация безопасности (о закрытом в холодной камере человеке). Прием сигналов от

всех трех видов сигнализации сосредоточен на общем приемном аппарате — станции типа ТОЛ лучевой системы, расположенной в помещении охраны предприятия. Станция типа ТОЛ оборудована устройством, контролирующим состояние всех сигнальных цепей и линий и сигнализирующим о появлении неисправности, обрыве или замыкании в сигнальной цепи.

Извещатели пожарной сигнализации устанавливают внутри и снаружи зданий на стенах в легко доступных местах. Автоматические пожарные извещатели, реагирующие на повышение температуры, устанавливают на потолках пожароопасных помещений. Извещатели сигнализации безопасности устанавливают внутри каждой охлаждаемой камеры холодильника около выхода и освещают постоянно горящей лампой. Датчики охранной сигнализации устанавливают для блокирования определенных окон и дверей складских помещений и на постах охраны. Извещатели и датчики соединяются с приемной станцией ТОЛ через комплексную кабельную распределительную сеть. В один луч приемной станции допускается включать несколько извещателей, расположенных близко друг к другу. При этом второй и следующие извещатели служат подизвещателями и имеют общий номер луча на приемном аппарате ТОЛ.

Питание электроэнергией станции ТОЛ производится от сети 220 В 50 Гц через два стабилизированных выпрямителя напряжением 60 В постоянного тока. Включение резервного выпрямителя происходит автоматически с помощью реле, встроенных в станцию ТОЛ. Станция ТОЛ может иметь емкость от 10 до 100 лучей, так как набирается из отдельных блоков емкостью 10 лучей каждый.

Радиофикация

Во внутренних помещениях холодильника, в которых работают или отдыхают люди, устанавливают громкоговорители мощностью 0,25 Вт, присоединяемые к абонентской радиотрансляционной сети напряжением 30 В.

На платформах холодильника и на территории предприятия устанавливают громкоговорители мощностью 10 Вт, присоединяемые к городской радиотрансляционной сети (радиофидеру) напряжением 120, 240 или 360 В.

На территорию холодильника вводится линия радиофидера и устанавливаются абонентские понижающие трансформаторы с вторичным напряжением 30 В, к которым присоединяются абонентские радиотрансляционные сети зданий. На крупных холодильниках, где необ-

ходима поисковая громкоговорящая связь, устанавливают собственный радиоузел с усилителем и микрофоном. Радиотрансляционную сеть прокладывают отдельно от комплексной распределительной кабельной сети во избежание помех.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Изд. 4-е. М., «Энергия», 1965. 464 с.

Проектирование электроустановок промышленных предприятий. Том. I. Под ред. Я. М. Большама, В. А. Грачева, М. Л. Самойлова. М., Госэнергоиздат, 1963, 720 с. (часть I), 600 с. (часть II).

Проектирование холодильников. М., «Пищевая промышленность», 1972. 310 с. Авт: П. И. Пирог, Ю. С. Крылов, В. В. Васютович, А. В. Карпов, А. И. Дементьев.

Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г. М. Кнорринга. М., «Энергия», 1976. 384 с.

ГЛАВА VII

ЭКОНОМИКА ХОЛОДИЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

Холодильное хозяйство в общей системе народного хозяйства

Холодильное хозяйство, представляющее собой совокупность холодильников и холодильных устройств в различных отраслях народного хозяйства и промышленности, является комплексом взаимосвязанных и последовательных звеньев, охватывающих важнейшие отрасли производства, транспорта, хранения, реализации и потребления пищевых скоропортящихся продуктов.

В «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы», принятых XXV съездом КПСС, предусмотрен опережающий рост холодильных емкостей над темпами роста выпуска пищевых продуктов. Так, производство продукции пищевых отраслей промышленности предусмотрено увеличить на 23—25%, а емкость холодильников предполагается увеличить в 1,3 раза. Предусмотрено опережение темпов роста холодильных емкостей над темпами роста объема производства и в мясной и молочной промышленности. Холодильники в различных звеньях производства, транспорта, хранения, торговли и в домашнем быту образуют единую непрерывную цепь, все звенья которой взаимно связаны и осуществляют холодильную обработку и хранение скоропортящихся продуктов с целью сохранения исходного качества сырья и готовой продукции, начиная с момента их производства и кончая потреблением.

Важнейшим принципом и основой рациональной организации холодильного хозяйства в целом и отдельных его частей является плановость и пропорциональность его развития. Количественное и качественное соответствие всех его звеньев с точки зрения экономической, технической, технологической и организационной обеспечивает непрерывность холодильной цепи и повышение эффективности холодильного хозяйства.

Перспективные планы развития народного хозяйства предусматривают комплексное пропорциональное развитие всех звеньев холодильного хозяйства.

Холодильное хозяйство включает различные по своим функциям холодильники, характеристика которых приведена ниже.

Производственные холодильники. Эти холодильники входят в состав предприятий мясной, молочной, рыбной и пищевой промышленности. Основное их назначение — холодильная обработка (охлаждение, замораживание) и хранение сезонных и текущих запасов сырья и готовой продукции для промышленной переработки и отправки в потребительские центры. К производственным холодильникам относятся также холодильники в колхозах и совхозах. Функции и назначение этих холодильников заключаются в холодильной обработке и хранении фруктов, овощей и яиц для последующей отправки в потребительские центры.

Производственные холодильники являются неотъемлемой частью технической базы предприятий пищевой промышленности и важным фактором расширения ассортимента вырабатываемых изделий и улучшения качества продукции (в рыбной промышленности они обеспечивают выпуск свежемороженой продукции, в мясной — выпуск охлажденного и мороженого мяса, замороженных готовых мясных блюд и кулинарных изделий, спецфабрикатов и др.). Холодильники играют большую роль в интенсификации производственных процессов на предприятиях пищевой промышленности, что способствует сокращению производственного цикла, снижению потерь, увеличению объема и улучшению качества изделий. Особенно велика роль производственных холодильников в обеспечении ритмичности производства пищевых продуктов. Создавая запасы скоропортящегося сырья на холодильниках, мясокомбинатах, рыбокомбинатах, консервные заводы и предприятия многих других отраслей пищевой промышленности могут ритмично выпускать пищевые продукты в несезонный период.

Распределительные холодильники. Основное назначение этих холодильников — хранение сезонных и текущих запасов скоропортящихся продуктов для бесперебойного снабжения ими населения. Возможность в условиях распределительных холодильников хранения на одной и той же площади последовательно в течение года разных видов скоропортящихся продуктов с различной сезонностью производства (масло, яйцо, рыба поступают в основном во II и III кварталах; мясо и плоды — в конце III и IV кварталов), значительно (на 20%) сокращает потребность в холодильной емкости и повышает коэффициент ее использования в 1,5 раза.

Портовые холодильники. Предназначены для хранения экспортируемых и импортируемых скоропортящихся продуктов, доставляемых водным путем. Портовые холодильники бывают специализированные и универсальные. Они могут выполнять также функции распределительных холодильников.

Холодильники предприятий розничной торговли и общественного питания, бытовые холодильники. Холодильники предприятий розничной торговли и общественного питания служат для кратковременного хранения продуктов в торговой сети и общественном питании. Бытовые холодильники обеспечивают сохранение в домашних условиях исходного качества пищевых продуктов.

Холодильный транспорт (изотермические вагоны с льдосоляным и машинным охлаждением, рефрижераторный водный транспорт, изотермический автомобильный транспорт). Холодильный транспорт обеспечивает оптимальную температуру в процессе перевозки скоропортящихся продуктов.

Развитие холодильного хозяйства

За годы Советской власти холодильное хозяйство развивалось высокими и устойчивыми темпами. Динамика роста холодильной емкости в СССР (по отношению к 1917 г.) приведена ниже.

Годы	%	Годы	%
1929	1,57	1966	50,2
1933	3,0	1967	54,1
1941	6,0	1968	57,9
1951	11,5	1969	61,4
1957	18,8	1970	64,8
1959	20,7	1971	67,6
1960	20,8	1972	71,8
1961	24,4	1973	75,8
1962	27,4	1974	79,8
1963	30,6	1975	85,5
1964	37,0	1976	90,2
1965	43,3	1977	94,4

Таблица VII—1

Удельный вес и холодообеспеченность отдельных экономических районов (в %)

Экономические районы	Удельный вес в общей холодильной емкости			Холодообеспеченность, кг на 1 жителя		
	1974 г.	1975 г.	1976 г.	1970 г.	1975 г.	1976 г.
СССР	100,0	100,0	100,0	16,0	20,4	21,2
РСФСР	60,4	58,3	58,2	18,6	22,5	23,4
Северо-Западный район	6,5	6,3	6,5	21,4	25,6	27,2
Центральный район	17,0	16,4	16,8	24,1	29,9	32,0
Волго-Вятский район	2,3	2,2	2,2	11,6	13,5	14,5
Центрально-Черноземный район	2,3	2,4	2,4	12,6	16,1	16,6
Поволжский район	6,9	6,5	6,6	14,2	17,7	18,6
Северо-Кавказский район	6,1	6,1	5,8	17,4	20,9	21,0
Уральский район	5,3	5,0	4,9	15,0	16,9	17,1
Западно-Сибирский район	5,4	5,4	5,0	17,0	21,4	21,6
Восточно-Сибирский район	2,4	2,3	2,3	14,1	15,4	15,5
Дальневосточный район	5,4	5,2	5,0	40,3	41,7	36,7
Калининградская область	0,8	0,8	0,7	42,5	50,0	51,2
Донецко-Приднепровский район	7,6	8,0	8,1	14,6	19,9	21,0
Юго-Западный район	5,8	6,2	6,0	9,8	15,2	15,5
Южный район	4,5	5,0	4,8	23,9	37,8	37,7
Прибалтийский район	3,8	3,8	3,7	25,1	27,5	27,8
Закавказский район	4,4	4,9	5,0	12,5	18,9	20,1
Среднеазиатский район	5,0	5,0	4,8	7,4	11,3	11,0
Казахстанский район	3,5	3,5	3,8	11,8	12,7	14,2
Белорусский район	3,0	3,0	3,2	10,7	16,6	18,3
Молдавская ССР	2,0	2,3	2,4	19,0	32,0	33,6

В последние годы производственные и распределительные холодильники построены во всех экономических районах, в результате чего размещение холодильников в целом по стране стало более равномерным.

Хладообеспеченность по союзным республикам за последние годы значительно увеличилась (табл. VII—1, VII—2).

Увеличение емкости производственных и распределительных холодильников сопровождается значительным ростом грузооборота.

Основными направлениями дальнейшего развития холодильного хозяйства в соответствии с задачами, поставленными XXV съездом КПСС, являются: ускорение темпов наращивания холодильных емкостей в отраслях сельского хозяйства, пищевой промышленности и торговли и развитие технического прогресса во всех его звеньях, обеспечивающего на основе внедрения высокопроизводительного и полностью автоматизированного холодильного оборудования интенсификацию производственных процессов охлаждения, замораживания и хранения продуктов, снижение их потерь, улучшение их качества, повышение эффективности холодильного хозяйства в экономике страны.

Важное значение для обеспечения непрерывности холодильной цепи имеет дальнейшее развитие изотермического холодильного транспорта (увеличение парка железнодорожных вагонов с механическим охлаждением, парка авторефрижераторов, рефрижераторного речного и морского флота) и дальнейшее оснащение искусственным холодом городской и сельской продовольственной торговой сети, предприятий торговли и общественного питания, а также увеличение производства домашних холодильников.

Осуществление в перспективе широкой программы строительства холодильников неразрывно связано с улучшением их географического размещения по экономическим районам, в частности со значительным увеличением хладообеспеченности Восточных районов РСФСР, республик Средней Азии, Казахстана, Молдавии, ряда автономных республик и областей Поволжья, Северного Кавказа и отдельных областей Донецко-Приднепровского и Юго-Западного экономических районов.

Отраслевая структура холодильного хозяйства

Сложившаяся в настоящее время отраслевая структура холодильного хозяйства характеризуется следующими данными:

Отрасли	Удельный вес в общей холодильной емкости, %
Мясная и молочная промышленность	22,5
Рыбное хозяйство	8,0
Пищевая промышленность	1,4
Торговля (распределительные холодильники)	38,1
Сельское хозяйство	0,3
Потребительская кооперация	1,7
Холодильники по хранению фруктов и овощей	26,5
Прочие	1,5

Наиболее значительная часть холодильной емкости (38,1) сосредоточена в торговле, а с учетом емкости холодильников для хранения фруктов и овощей, входящих в систему Министерства торговли, удельный вес распределительных холодильников в общей емкости холодильного хозяйства составляет свыше 59,2. Второе место (22,5) занимают в общей емкости холодильники предприятий мясной и молочной промышленности.

Одной из важных структурных особенностей холодильного хозяйства является соотношение холодильных емкостей по температурному режиму (табл. VII—3). Соотношение емкости для охлажденных и замороженных продуктов зависит от структуры грузооборота.

Соотношение холодильных емкостей в мясной и молочной промышленности, рыбной промышленности представлено данными табл. VII—4.

Как видно из табл. VII—4, во всех отраслях преобладает емкость для хранения мороженных продуктов.

Проблема оптимального соотношения холодильной емкости для хранения охлажденных и мороженных продуктов приобретает особо важное значение в десятой пятилетке и в долгосрочной перспективе.

Основными и определяющими факторами, обуславливающими необходимость существенного изменения сложившегося соотношения холодильной емкости по температурному режиму, являются предусматриваемое в перспективе резкое увеличение производства и потребления охлажденного мяса, значительный рост производства цельномолочной продукции; увеличение объема производства охлажденной рыбы; значительный рост производства и заготовок плодов и овощей; увеличение производства и закупок яиц.

В общей мощности производственных и распределительных холодильников преобладающий

Таблица VII—2

Хладообеспеченность по союзным республикам (в кг на одного жителя)

СССР и союзные республики	1970 г.	1974 г.	1975 г.	1976 г.
СССР — всего	16,0	19,5	20,4	21,2
В том числе				
РСФСР	18,6	22,3	22,5	23,4
Украинская ССР	13,6	18,0	20,4	20,9
Белорусская ССР	10,7	16,0	16,6	18,3
Узбекская ССР	6,6	9,2	8,9	8,4
Казахская ССР	11,6	12,2	12,7	14,2
Грузинская ССР	13,6	14,3	16,6	16,6
Азербайджанская ССР	10,0	17,9	22,0	23,0
Литовская ССР	25,9	28,5	28,1	30,2
Молдавская ССР	18,7	25,8	32,0	33,6
Латвийская ССР	20,3	20,7	21,9	21,3
Киргизская ССР	9,4	12,2	12,3	12,4
Таджикская ССР	6,6	15,6	15,2	16,9
Армянская ССР	14,6	17,0	16,9	20,4
Туркменская ССР	8,7	14,8	15,2	15,3
Эстонская ССР	30,1	30,9	36,4	34,3

Таблица VII—3

Динамика холодильной емкости по температурному режиму (в %)

Холодильная емкость	1940 г.	1950 г.	1958 г.	1960 г.	1963 г.	1964 г.	1965 г.	1966 г.	1967 г.
Всего	100	100	100	100	100	100	100	100	100
В том числе									
емкость для охлажденных продуктов	13,5	13,8	13,2	15,1	16,0	20,7	20,3	23,2	24,0
емкость для мороженных продуктов	86,5	86,2	86,8	84,9	84,0	79,3	79,7	76,8	76,0

Продолжение

Холодильная емкость	1968 г.	1969 г.	1970 г.	1971 г.	1972 г.	1973 г.	1974 г.	1975 г.	1976 г.
Всего	100	100	100	100	100	100	100	100	100
В том числе									
емкость для охлажденных продуктов	25,3	26,5	27,4	27,6	29,4	30,9	32,5	36,6	38,2
емкость для мороженных продуктов	74,7	73,5	72,6	72,4	70,6	69,1	67,5	63,4	61,8

удельный вес занимают камеры замораживания предприятий мясной и молочной промышленности (61,0%), что объясняется их особой

ролью в технологическом процессе производства, а также характером и условиями размещения предприятий (вывозные мясокомбинаты).

Таблица VII—4

Холодильная емкость по температурному режиму в отдельных отраслях (в %) (по данным за 1976 г.)

Отрасли	Для охлажденных продуктов	Для мороженных продуктов
Мясная и молочная	11,2	88,8
Рыбная	6,6	93,4
Торговля	22,8	77,2

Концентрация, специализация, кооперирование и комбинирование в холодильном хозяйстве

Развитие холодильного хозяйства в СССР сопровождается непрерывным повышением уровня концентрации холодильной емкости как в целом по стране, так и по отдельным отраслям. Так, если удельный вес холодильников емкостью до 3000 т составляет в общей их численности в целом по стране 84,4% и по емкости — 29,9%, то холодильники емкостью свыше 3000 т составляют в общем числе предприятий и по емкости соответственно 15,6 и 70,1%. Крупные холодильники (емкостью свыше 15 000 т), число которых в общем количестве предприятий достигает 2,1%, составляют 25,1% емкости всего холодильного хозяйства.

На соотношении отдельных типов холодильников по количеству и емкости сказались рост численности и сдвиги в размещении городского населения, обусловившие увеличение общей холодильной емкости за счет строительства холодильников в крупных промышленных и населенных центрах.

Развитие процессов концентрации холодильной емкости в отдельных отраслях пищевой промышленности и торговли отражает, кроме общих тенденций, также присущие этим отраслям и свои технико-экономические особенности. В мясной промышленности удельный вес холодильников емкостью до 500 т составляет в общей численности холодильников 39,9%, по емкости только 7,6%; крупные холодильники (свыше 3000 т) составляют соответственно 14,3 и 48,1%. В общей холодильной емкости предприятий мясной промышленности преобладают холодильники, размер которых значительно превышает средний по отрасли (1450 т).

Повышение в мясной промышленности удельного веса холодильников большой емкости объясняется строительством крупных предприятий. В мясной промышленности соору-

лись холодильники емкостью 3000, 5000, 10 000 и 15 000 т; кроме того, расширялись холодильники ранее построенных предприятий.

В перспективе процесс концентрации холодильной емкости в мясной промышленности получит свое дальнейшее развитие.

Специфическими особенностями отличается концентрация холодильной емкости в молочной промышленности. По сравнению с другими отраслями здесь преобладают небольшие холодильники. Так, удельный вес холодильников емкостью до 500 т составляет в общей их численности 46,6%, а по емкости 15,6%; удельный вес холодильников свыше 1000 т составляет в общей численности холодильников 25,5%, а по емкости 59,8%.

Процесс концентрации холодильной емкости в молочной промышленности, отражая специфические отраслевые особенности, свидетельствует о том, что, несмотря на большое количество мелких холодильников, крупные холодильники в этой отрасли занимают по емкости сравнительно большой удельный вес. В связи с намеченным в перспективе строительством в молочной промышленности крупных предприятий процесс развития концентрации холодильной емкости в этой отрасли будет развиваться.

В рыбной промышленности по численности преобладают небольшие холодильники, удельный вес которых достигает 66,5%, а по емкости 16,0%. Подавляющая часть емкости холодильников рыбной промышленности приходится на средние и крупные предприятия. Так, удельный вес холодильников емкостью свыше 1000 т составляет в общем количестве холодильников 33,5%, а по емкости 84,1%. Наиболее крупные в условиях рыбной промышленности холодильники (свыше 5000 т) составляют в общей холодильной емкости отрасли 52,1%. Строительство в перспективе холодильников, выполняющих в основном портово-транспортные операции, усилит тенденцию к концентрации холодильной емкости.

Наиболее высоким уровнем концентрации отличаются распределительные холодильники, что объясняется универсальным характером этих предприятий.

Распределительные холодильники емкостью до 1000 т составляют в общем количестве предприятий 51,4%, а по емкости только 4,1%. Средние и крупные холодильники по количеству и емкости составляют соответственно 48,6 и 95,9%. Крупные холодильники емкостью свыше 15 тыс. т, удельный вес которых в общем количестве предприятий составляет только 6%, занимают в общей емкости 34,0%. Абсолютное преобладание в общей емкости распределительных холодильников крупных предприятий объясняется строительством их по преимуществу в больших городах и промышленных центрах.

В перспективе строительство распределительных холодильников развернется также в средних и небольших городах.

При укрупнении холодильников снижаются удельные нормы капитальных затрат на единицу мощности (емкости) холодильников, что видно из следующих данных:

Типы холодильников по емкости камер хранения	Стоимость 1 т емкости, %
1500	100
3000	83,8
5000	76,9
10000	56,4
15000	48,7

Тенденция к последовательному снижению удельных норм капитальных затрат по мере увеличения емкости холодильников отмечается во всех звеньях холодильного хозяйства. Ниже приводятся данные, характеризующие удельные нормы капитальных затрат на холодильниках различной мощности (емкости) в мясной промышленности.

Типы холодильников по емкости, т	Стоимость 1 т емкости, %
400	100,0
1200	53,0
2000	43,5
4000	37,2

На крупных холодильниках эксплуатационные затраты в 2—3 раза меньше, чем на небольших и средних. Себестоимость единицы приведенного грузооборота на холодильниках характеризуется данными, приведенными в табл. VII—5.

Аналогичное положение и на холодильниках других отраслей пищевой промышленности.

Важнейшими формами концентрации производства являются специализация, кооперирование и комбинирование.

Специализация производственных холодильников пищевых отраслей промышленности развивается в рамках этих отраслей. На специализированных производственных холодильниках (специализированных цехах предприятий) осуществляются хранение и холодильная обработка однородных видов продукции (мясо, масло, сыр, рыба и т. д.).

Ввиду резко выраженной сезонности производства загрузка специализированных производственных холодильников меньше, чем универсальных распределительных холодильников; так, среднегодовая загрузка распределительных холодильников составляет 80—85%, производственных — 50—70%.

Т а б л и ц а VII—5
Себестоимость единицы приведенного грузооборота на холодильниках

Холодильники	Емкость холодильника, т	Себестоимость 1 т приведенного грузооборота, руб.
Курский № 2	629	11,8
Курский мясокомбинат	830	2,27
Балашовский	1160	7,67
Смоленский мясокомбинат	1350	2,11
Донецкий мясокомбинат	2739	2,15
Минский мясокомбинат	2925	1,74
Каменск-Уральский	3050	7,90
Арзамасская база	3847	10,91
Куйбышевский мясокомбинат	8000	1,46
Киевский мясокомбинат	8356	1,37
Мурманский	12105	5,53
Улан-Уденский мясокомбинат	13548	1,27
Московский № 7	20936	2,45
Ленинградский № 6	23191	2,74
Ленинградский № 3	26480	2,52
Московский № 9	30891	2,37
Московский № 12	33244	2,74

Специализированный характер носят также производственные холодильники, входящие в состав предприятий и других отраслей пищевой промышленности. Специализация их заключается в том, что в них в отличие от распределительных холодильников хранят и подвергают холодильной обработке однородные виды продуктов. Таким образом, развитие процессов специализации производственных холодильников тесным образом переплетается с процессом комбинирования. В последние годы в холодильном хозяйстве страны большое и широкое развитие получило строительство специализированных холодильников для хранения плодов и овощей. Массовое строительство таких специализированных холодильников развернулось в колхозах и совхозах, что позволяет обеспечить оптимальные технологические условия холодильной обработки фруктов, резко снизить их потери и сохранить высокое качество продукции.

Важной формой развития концентрации производства является кооперирование, заключающееся в строительстве на одной и той же площадке нескольких предприятий, например мясоперерабатывающего предприятия и распределительного холодильника. В процессе ко-

оперирования используется единая холодильная установка, тепловое и энергетическое хозяйство, а также единая система коммуникаций. По данным ВНИХИ, кооперирование мясоперерабатывающих предприятий с распределительными холодильниками позволяет сократить капитальные затраты на 15—20% и уменьшить эксплуатационные расходы в 1,5 раза.

Из всех форм общественной организации производства наибольшее развитие в холодильном хозяйстве получило комбинирование, что связано с технико-экономическими особенностями предприятий холодильной промышленности, в первую очередь с сезонностью производства.

При комбинировании в один производственно-технический комплекс объединяют холодильники, цех производства мороженого, заводы сухого и искусственного водного льда и цехи по замораживанию плодов и ягод.

Технико-экономическое единство производств, входящих в систему хладокомбинатов, выражается в том, что технологический процесс холодильной обработки и хранения продуктов, производства мороженого и искусственного водного льда непрерывно связан с производством и технологическим применением холода во всех решающих звеньях производства. Все производственные цеха хладокомбинатов размещены на одной территории, соединены общей системой коммуникаций (водо-паро-газо-электро-снабжение), обслуживаются общим вспомогательным хозяйством и внутривзаводским транспортом.

Единство энергетической базы выражается в наличии единой холодильной, тепловой и энергетической установки.

Комбинирование перспективно в производстве мороженого. Резко выраженная сезонность выпуска мороженого и большая роль искусственного холода в технологии его производства определяют целесообразность комбинирования его с холодильниками. Организация цехов по производству мороженого на холодильниках на 30—40% сокращает размер капитальных затрат по сравнению с размерами капитальных затрат при строительстве специализированных фабрик. При строительстве небольших и мелких специализированных фабрик мороженого капитальные затраты увеличиваются примерно в 2 раза. Строительство в составе распределительных холодильников фабрик и цехов мороженого, заводов искусственного водного льда обуславливает установку мощного холодильного оборудования.

Развитие комбинирования на основе комплексного использования холодильных и энергетических установок позволяет рационально использовать основные фонды предприятия.

Основные фонды холодильных предприятий

Соотношение между отдельными видами основных фондов составляет их структуру. Структура основных фондов холодильных предприятий характеризуется следующими данными.

Группа основных фондов	Структура основных фондов, %
Здания и сооружения	84,5
Машины, оборудование и инвентарь	11,4
Транспортные средства	3,5
Прочие основные фонды	0,6

Стоимость зданий преобладает в стоимости основных производственных фондов холодильников. В отличие от других отраслей промышленности, в которых мощность предприятий зависит от мощности установленного оборудования, мощность (емкость) холодильников непосредственно связана с размером холодильника, что определяет принципиально иную структуру основных производственных фондов холодильников. Особенности структуры основных производственных фондов холодильников отражают технико-экономические особенности этих предприятий в чистом виде без учета характера и уровня комбинирования с другими отраслями (производство мороженого, сухого и искусственного водного льда, замороженных плодов и овощей).

Для определения динамики основных фондов и расчета их стоимости, переносимой на готовый продукт или единицу объема работ и операций, основные фонды планируют и учитывают в денежном выражении.

Показателем использования основных фондов холодильников является загрузка холодильной емкости в течение года, квартала, месяца. В холодильной промышленности единовременная емкость хранения в тоннах по технико-экономическому содержанию равнозначна понятию производственной мощности.

Мощность (емкость) холодильника (производственного, распределительного, портового) определяется максимальным количеством мороженных и охлажденных продуктов, которое может находиться на единовременном хранении.

Мощность (емкость) холодильника рассчитывают на основе полного использования охлаждаемых помещений при условии применения прогрессивных технических норм загрузки, технологических режимов и передовой организации производства и труда. Емкость холодильника определяют отдельно по камерам

хранения мороженных продуктов, охлажденных продуктов и камерам с универсальным режимом.

При определении емкости холодильника емкость камер охлаждения, замораживания, льдохранилищ, упаковочных, сортировочных, камер размораживания, экспедиции, вестибюля и других вспомогательных помещений не учитывают. Мощность холодильника (единовременная емкость камер хранения) определяют в тоннах условной емкости.

Производительность камер охлаждения (т в сутки) определяют по установленным нормам загрузки и продолжительности охлаждения.

Производительность камер замораживания (т в сутки) рассчитывают по установленным нормам нагрузки и продолжительности замораживания, включая время на загрузку и выгрузку продуктов. При определении производительности по замораживанию продуктов учитывают также производительность скороморозильных аппаратов (плиточных, туннельного и шкафного типов, контактного и бесконтактного замораживания) определяют по нормам, установленным каждым предприятием на основе изучения и обобщения передового опыта, но не ниже проектных и паспортных норм.

Для характеристики степени использования емкости холодильников применяют следующие показатели: средний процент загрузки холодильника, оборот емкости холодильника. Средний процент загрузки холодильника (годовой, квартальный и месячный) определяют на основе соотношения приведенных тонно-дней хранения на планируемый период или за отчетный период и количества тонно-дней хранения при стопроцентной загрузке холодильника за этот же период, т. е. пропускной способности в тонно-днях.

Полная пропускная способность холодильника при стопроцентной его загрузке равна емкости, умноженной (при годовом периоде), на число дней в году.

Оборот емкости холодильника определяют делением количества грузов в тоннах-брутто, принятых холодильником за определенный период, на его емкость.

Аналогично определяют среднеквартальный и среднемесячный оборот емкости холодильника. Коэффициент оборачиваемости (оборот емкости), характеризующий одновременно также степень интенсивности грузооборота, находится в тесной связи с загрузкой холодильников. Оборот емкости распределительных холодильников достигает 5, производственных — 9 раз.

На использование основных фондов холодильников большое влияние оказывает сезонность.

Загрузка производственных и распределительных холодильников в максимальный месяц хранения грузов является высокой (95%). Наиболее высокой и устойчивой загрузкой характеризуются распределительные холодильники, что объясняется универсальным характером этих предприятий.

Основные пути улучшения использования основных фондов на холодильниках следующие:

- организация и осуществление комплексного планирования строительства и эксплуатации холодильников;

- улучшение планирования размещения продуктов по холодильникам различных ведомств с учетом интересов народного хозяйства в целом и отдельных отраслей, что повышает уровень использования холодильных емкостей;

- расширение ассортимента продуктов, хранящихся на холодильниках;

- организация планомерного поступления и выдачи грузов, в результате чего повысится коэффициент использования средств механизации погрузочно-разгрузочных работ и улучшится использование холодильных емкостей;

- интенсификация производственных процессов охлаждения и замораживания, что позволит сократить производственный цикл холодильной обработки продуктов, увеличить оборот емкости и повысить уровень использования холодильных емкостей;

- организация хранения мяса в блоках и сортовых отрубях;

- унификация и стандартизация применяемых видов тары и упаковок пищевых продуктов, поступающих на хранение на производственные и распределительные холодильники;

- комплексная автоматизация работы холодильного оборудования и температурного режима, что повысит коэффициент использования компрессоров и обеспечит стабильный температурный режим в камерах хранения продуктов;

- модернизация холодильных машин, аппаратов и внутрикамерного оборудования;

- оснащение холодильников высокопроизводительными видами оборудования;

- внедрение передовой холодильной технологии и комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ;

- улучшение организации производства и труда на холодильниках и приведение их в соответствие с достигнутым уровнем механизации и автоматизации производства;

- использование имеющихся резервов холодильного оборудования, камер замораживания и холодильных емкостей для организации производства пищевых продуктов, производственный процесс которых связан с применением искусственного холода.

Повышение уровня использования основных фондов холодильников обеспечивает снижение потерь в процессе производства и хранения, увеличение количества и улучшение качества пищевых скоропортящихся продуктов питания.

Показатели планирования производственной деятельности холодильников

Задания по объему производственных операций распределительных холодильников (прием грузов, их охлаждение, замораживание, хранение, отпуск в торговую сеть, товароведческие операции) устанавливаются в натуральном выражении. Натуральный показатель вследствие многообразия операций и работ определяется в приведенных единицах. Объектом калькулирования в холодильной промышленности является 1 т приведенного грузооборота. Для определения объема приведенного грузооборота применяют систему коэффициентов, построенную по принципу соотношения стоимости затрат на отдельные операции. За единицу принимают затраты труда при приеме 1 т охлажденного мяса.

Для всех операций на распределительных и производственных холодильниках используют следующие коэффициенты

Прием грузов

мясо	
охлажденное	1
мороженое	2,57
масло	0,59
яйцо	0,84
рыба мороженая и соленая	0,59
плоды	0,59
прочие	0,59
охлаждение грузов	0,37
замораживание грузов	1,32

Перемещение грузов из камеры в камеру

мясо	
охлажденное	0,67
мороженое	0,67
масло	0,39
яйцо	0,39
рыба мороженая и соленая	0,39
плоды	0,39
прочие	0,39

Перемещение грузов внутри камеры

мясо	
охлажденное	0,48
мороженое	0,48
масло	0,31
яйцо	0,31
рыба мороженая и соленая	0,31
плоды	0,31

прочие	0,31
Хранение грузов в тонно-днях	
мясо	
охлажденное	0,101
мороженое	0,032
масло	0,032
яйцо	0,029
рыба мороженая и соленая	0,032
плоды	0,029
прочие	0,029
Выдача грузов	
мясо	
охлажденное	0,69
мороженое	0,69
масло	0,44
яйцо	0,56
рыба мороженая и соленая	0,44
плоды	0,44
прочие	0,44

Обобщающим показателем работ холодильников является приведенный грузооборот. Составные элементы этого показателя — поступление и выдача грузов (в т), охлаждение и замораживание грузов (в т), приведенное хранение грузов (в тонно-днях).

Соотношение отдельных видов затрат в себестоимости приведенного грузооборота по всем распределительным холодильникам характеризуется следующими данными (в %):

Статьи затрат	Удельный вес затрат, %
Сырье	—
Вспомогательные материалы	0,3
Топливо	0,7
Электроэнергия	1,1
Холод	13,9
Заработная плата	27,1
Начисления на зарплату	1,3
Цеховые расходы	40,2
Общезаводские расходы	15,1
Внепроизводственные расходы	0,3
ходы	
Полная себестоимость	100,0

Структура себестоимости приведенного грузооборота на холодильниках мясной промышленности следующая:

Статьи затрат	Удельный вес в общей сумме затрат, %
Вспомогательные материалы	1,0
Пар на технологические нужды	2,3
Вода на технологические нужды	1,1

Электроэнергия силовая	2,2
Холод	35,0
Заработная плата производственных рабочих	25,0
Отчисления на социальное страхование	1,9
Цеховые расходы	31,0
Итого	100,0

На распределительных холодильниках важнейшими элементами производственных затрат являются расход на холод, заработная плата производственных рабочих, цеховые и общезаводские расходы.

Особенностью структуры затрат распределительных холодильников является высокий удельный вес цеховых, общезаводских и внепроизводственных расходов (55,6% всех затрат). Такое соотношение между основными и накладными расходами отражает особенности организационно-технической структуры холодильников и характер их производственных процессов. Показатели структуры себестоимости существенно различаются по отдельным предприятиям.

На производственные затраты влияет структура холодильных предприятий.

Калькулирование себестоимости приведенного грузооборота

Себестоимость приведенного грузооборота включает затраты на охлаждение, замораживание, хранение, товароведческие операции и погрузочно-разгрузочные работы. Себестоимость приведенного грузооборота калькулируют на основе действующей методики составления плановых и отчетных калькуляций.

Затраты на холод, электроэнергию, а также заработная плата находятся в прямой зависимости от объема приведенного грузооборота; цеховые, общезаводские и внепроизводственные расходы как условно постоянные только в некоторой степени зависят от объема приведенного грузооборота.

Энергетические затраты определяют на основании специальных нормативов. Расчет холода ведут отдельно на охлаждение, замораживание и хранение по видам продуктов. Нормативы затрат холода на холодильную обработку устанавливают с учетом средней температуры продуктов, поступающих на холодильник, и массы продуктов в тоннах. Затраты холода входит также расход его на теплопередачу через ограждения камеры (в соответствии с установленной нормой). Затраты холода на холодильную обработку и хранение скоропор-

тящихся продуктов включают в калькуляцию себестоимости приведенного грузооборота по цеховой себестоимости.

В норму расхода электроэнергии на технологические цели включают затраты энергии на лифты, вентиляторы и зарядку погрузочно-разгрузочных механизмов. Стоимость затрат электроэнергии принимают по действующим тарифам.

Заработную плату производственных рабочих (грузчиков) включают в себестоимость приведенного грузооборота в соответствии с планом по труду. Накладные расходы определяют на основании плановых смет и нормативов. Основные источники снижения себестоимости приведенного грузооборота — уменьшение затрат на холод, затраты труда и цеховых расходов, особенно на содержание цехового персонала и текущий ремонт.

Калькулирование себестоимости холода

Одним из важных элементов внутрипроизводственных затрат холодильников являются расходы на холод:

Структура себестоимости холода характеризуется следующими данными:

Статьи затрат	Удельный вес затрат, %
Сырье и основные материалы	1,7
Вода на технологические цели	5,2
Электроэнергия силовая	49,6
Заработная плата производственных рабочих	12,6
Начисления на заработную плату	0,5
Цеховые расходы	30,4
Цеховая себестоимость	100,0

При калькулировании холода затраты на его производство планируют и учитывают до цеховой себестоимости. Основные элементы себестоимости холода: электроэнергия, заработная плата производственных рабочих и цеховые расходы.

Удельный вес этих расходов в себестоимости холода составляет 92,6%.

При калькулировании себестоимости 1000 ккал (4186 кДж) холода по статье «Сырье и основные материалы» планируют затраты на аммиак, хлористый кальций или натрия в соответствии с установленными нормами.

Потребность в аммиаке устанавливают в зависимости от мощности компрессора согласно утвержденным нормам расхода аммиака. Пот-

ребность в хлористом кальции (хлористом натрии) определяют в зависимости от поверхности испарителей в соответствии с утвержденными нормами расхода материала на 1 м² поверхности.

Общий расход силовой электроэнергии определяют по нормам на выработку холода, установленным предприятию, а также на работу воздухоохладителей. Заработную плату машинистов рассчитывают, исходя из запланированного штата компрессорного цеха с учетом численности и структуры оборудования. Затраты труда на выработку холода в силу специфических особенностей процесса его производства не находятся в пропорциональной зависимости от объема выработки холода. Цеховые расходы определяют на основании разработанной сметы этих видов затрат. Основными элементами цеховых расходов являются: заработная плата цехового персонала (начальника цеха, заместителя, сменных механиков), затраты на текущий ремонт и амортизацию.

Основные источники снижения себестоимости холода: сокращение затрат труда на базе внедрения комплексной автоматизации холодильных установок, расхода электроэнергии путем автоматизации и рационализации режима эксплуатации холодильного оборудования, а также снижения цеховых расходов, особенно затрат на содержание цехового персонала и текущий ремонт.

Холодильные установки в торговле, общественном питании и быту

За последние годы большое развитие получило холодильное хозяйство в розничной торговле и общественном питании (табл. VII—6), резко возросла оснащенность холодильным оборудованием магазинов и предприятий общественного питания (табл. VII—7).

В годы девятой пятилетки в крупных городах и промышленных центрах построены магазины самообслуживания типа «Универсам», в которых установлено секционное торговое холодильное оборудование с централизованным холодоснабжением.

Динамика роста производства домашних холодильников характеризуется следующими данными:

Годы	Количество холодильников (тыс. штук)	Годы	Количество холодильников (тыс. штук)
1965	1674,7	1971	4552,5
1966	2204,1	1972	5000,0
1967	2697,4	1973	5423,0
1968	3154,4	1974	5442,1
1969	3712,0	1975	5600,0
1970	4152,1	1976	5800,0

Производство замороженных пищевых продуктов

Планируемый в десятой пятилетке рост производства быстрозамороженных пищевых продуктов (замороженные плоды, ягоды и соки, готовые мясные, рыбные блюда, кулинарные изделия) обусловливает необходимость строительства крупных технически оснащенных предприятий. Однородность сырья, комплексное его использование и общность ряда элементов технологического процесса определяют целесообразность комбинирования производства замороженных плодов, ягод и овощей с консервным производством. Наряду с комбинированием с консервными заводами предусматривается организовать крупные специализированные предприятия по замораживанию плодов и овощей в районах концентрации сырья.

Большое развитие получит производство готовых мясных рыбных, овощных блюд и кулинарных изделий. Замораживание готовых блюд и кулинарных изделий обеспечивает сохранение их в течение длительного времени, и позволяет снабжать широким ассортиментом блюд предприятия общественного питания и индивидуальных потребителей.

Производство мороженого

Производство мороженого получило преимущественное развитие в холодильной и молочной промышленности.

Наличие единой холодильной установки и паросилового и энергетического хозяйства значительно сокращает стоимость затрат на холод, пар, электроэнергию и другие виды затрат. Кроме того, комбинирование с холодильниками имеет преимущества в отношении сокращения расходов на управление, устройство коммуникации (сетей водопровода, канализации, подъездных железнодорожных путей и т. д.) и других общезаводских затрат.

Целесообразность производства мороженого на предприятиях молочной промышленности определяется общностью отдельных фаз технологического процесса. При этом сокращаются капитальные и эксплуатационные затраты на приемку и хранение молока, мойку тары, общие коммуникации и др. Специфические особенности технологического процесса производства в холодильной и молочной промышленности и различия в масштабах предприятий определяют различное значение отдельных видов затрат. Так, на предприятиях холодильной промышленности себестоимость холода ниже, чем на молочных заводах.

Производство мороженого в СССР развивается высокими и устойчивыми темпами.

Наличие действующего холодильного оборудования (в тыс.) на предприятиях розничной торговли и общественного питания (на конец года)

Холодильное оборудование	1965	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Розничная торговля							
Холодильные машины— всего	23,7	41,7	43,1	46,6	49,4	52,1	55,6
В том числе:							
холодопроизводительностью, ккал/ч							
до 4000	20,1	36,6	37,6	40,6	42,8	45,1	48,0
от 4001 до 10000	2,0	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	5,0
свыше 10000	1,6	2,3	2,3	2,4	2,6	2,6	2,6
холодильные шкафы с компрессорами	50,7	89,2	93,2	100,1	104,9	109,4	113,7
холодильные прилавки низкотемпературные с компрессорами	17,8	204,4	218,0	237,3	257,2	275,6	293,2
холодильные сборно-разборные камеры	24,0	35,2	37,5	40,1	43,0	46,3	48,8
низкотемпературные камеры	7,9	16,4	17,6	19,3	21,0	23,2	25,2
Общественное питание							
Холодильные машины — всего	17,9	30,6	32,7	35,4	37,2	39,9	43,5
В том числе:							
холодопроизводительностью, ккал/ч							
до 4000	15,0	26,0	27,9	30,1	31,6	33,9	36,6
от 4001 до 10000	1,3	2,0	2,1	2,4	2,6	3,0	3,7
свыше 10000	1,6	2,6	2,7	2,9	3,0	3,0	3,2
холодильные шкафы с компрессорами	79,6	143,0	153,0	166,7	179,4	192,5	205,6
холодильные прилавки с компрессорами	39,4						
холодильные прилавки низкотемпературные с компрессорами	16,1	106,0	111,1	119,6	129,0	139,8	150,9
холодильные наприлавочные витрины с компрессорами	6,5						
холодильные сборно-разборные камеры	16,8	23,4	25,0	27,5	30,1	32,1	34,8
низкотемпературные камеры	4,6	10,3	11,1	12,3	13,7	15,2	16,7

В табл. VII—8 приведены данные, характеризующие динамику производства мороженого.

Объем производства мороженого на предприятиях молочной промышленности составил 35,8%, на предприятиях холодильной промышленности 64,2% общего выпуска. По сравнению с 1940 г. производство мороженого увеличилось в 5,7 раза.

Увеличение выпуска мороженого происходит за счет строительства новых предприятий, расширения действующих фабрик и цехов мороженого и более рационального использования существующих производственных мощностей. Непрерывно повышался технический уровень

производства и совершенствовался на основе интенсификации технологический процесс.

На предприятиях внедрены автоматические линии по фасовке, закаливанию и завертке мороженого. Применение автоматических линий сокращает затраты труда в 4 раза и снижает расходы на 1 т мороженого более чем в 2 раза. При этом срок окупаемости затрат на автоматизацию производства составляет 1,3 года.

Рост объема производства мороженого сопровождался расширением ассортимента вырабатываемых изделий. Одним из основных показателей, характеризующих структуру ассортимента мороженого, следует считать соотно-

Таблица VII—7

Оснащенность холодильным оборудованием предприятий торговли и общественного питания (на конец года)

Годы	Число предприятий	Из них имеют холодильное оборудование	Число предприятий, имеющих холодильное оборудование, в % к общему числу
------	-------------------	---------------------------------------	---

Предприятия торговли

1950	58404	16539	28,3
1955	62695	26655	42,5
1960	77000	46021	59,8
1965	88277	71658	81,2
1966	92438	76040	82,3
1967	93743	82829	88,4
1968	94908	85515	90,4
1969	96582	90804	94,0
1970	98252	94235	95,9
1971	99107	95925	96,8
1972	100517	98677	98,2
1973	101508	100714	99,2
1974	103700	102900	99,2
1975	105500	104700	99,8

Предприятия общественного питания

1950	62904	10748	17,1
1955	81733	35235	43,1
1960	103384	55563	53,8
1965	127124	92983	73,1
1966	131306	99753	76,0
1967	138078	107720	78,0
1968	143935	116301	80,8
1969	149195	125673	84,2
1970	153829	133945	87,1
1971	158125	138692	87,7
1972	162381	144256	88,8
1973	167420	148593	88,8
1974	168000	154000	91,7
1975	170300	156200	91,7

шение сливочного, молочного и фруктового мороженого. Удельный вес лучших сортов мороженого (сливочного и пломбир) в общем объеме производства составляет около 85%, в крупных городах и промышленных центрах — 90%, удельный вес фасованного мороженого составляет свыше 88% общей выработки.

В ассортимент производства фасованного мороженого входят такие виды изделий, как

мороженое в вафлях и вафельных стаканчиках, трубочках и др.

Увеличение объема производства мороженого, расширение его ассортимента, а также рост торговой сети и улучшение ее структуры оказали существенное влияние на смягчение сезонности производства и потребления мороженого. В отличие от других отраслей пищевой промышленности, где сезонность производства определяет сезонность потребления, в промышленности мороженого сезонность потребления в существенной степени определяет сезонность производства.

Сезонность производства мороженого характеризуется данными, приведенными в табл. VII—9.

На холодильниках, расположенных в крупных и средних городах, удельный вес месяца максимального производства мороженого колеблется в пределах 13—15%. Цехи мороженого предприятий молочной промышленности, значительная часть которых расположена в небольших городах и районных центрах, вырабатывают более ограниченный ассортимент мороженого и поэтому производство их характеризуется большей степенью сезонности. Производство мороженого на распределительных холодильниках, размещенных в крупных промышленных центрах и выпускающих широкий ассортимент изделий, более равномерно.

Улучшение качества и расширение ассортимента вырабатываемого мороженого способствуют увеличению выработки и смягчению сезонности его производства и потребления.

В крупных городах и промышленных центрах потребление мороженого на душу населения значительно превышает средний его уровень по СССР.

Изменилось и географическое размещение предприятий по выработке мороженого. В последние годы заметно увеличился удельный вес районов Севера и Юга. Возросло производство мороженого в Восточных районах страны. Производство мороженого по союзным республикам в 1976 г. характеризуется следующими данными (в тыс. т и в %):

РСФСР	288,5	61,6
УССР	88,5	18,9
БССР	16,7	3,6
Узбекская ССР	9,3	2,0
Казахская ССР	17,3	3,7
Грузинская ССР	5,4	1,1
Азербайджанская ССР	5,6	1,2
Литовская ССР	8,2	1,8
Молдавская ССР	5,3	1,1
Латвийская ССР	6,9	1,5
Киргизская ССР	3,3	0,7
Таджикская ССР	2,2	0,5

Армянская ССР	5,2	1,1
Туркменская ССР	1,8	0,4
Эстонская ССР	3,8	0,8
Всего	468,0	100,0

Структура себестоимости мороженого характеризуется следующими данными:

Сырье	85,7
Вспомогательные материалы	4,7
Топливо и электроэнергия	0,6
Холод	0,9
Зарплата с начислениями	2,7
Цеховые расходы	3,4
Общезаводские расходы	1,0
Внепроизводственные расходы	1,0
Полная себестоимость	100,0

Основным элементом себестоимости мороженого являются расходы на сырье. Из других видов внутрипроизводственных затрат существенную роль играет заработная плата производственных рабочих, цеховые расходы, особенно заработная плата цехового персонала, расходы на текущий ремонт и амортизацию. Удельный вес заработной платы в себестоимости фасованного мороженого выше, чем в себестоимости нефасованного, так как фасованное

мороженое более трудоемкий вид изделия по сравнению с нефасованным. Более высокий удельный вес цеховых расходов в себестоимости фасованного мороженого по сравнению с нефасованным объясняется принятым методом распределения этих затрат (пропорционально заработной плате производственных рабочих).

Калькулирование себестоимости мороженого имеет некоторую специфику. При составлении плановых и отчетных калькуляций мороженого предварительно рассчитывают потребное количество сырья на отдельные виды смеси (сливочной, молочной, пломбирной). При калькулировании себестоимости сырья на 1 т сливочного фасованного мороженого, например сливочного мороженого в вафельных стаканчиках, используют расчет, составленный для сливочной смеси. При этом количество смеси в себестоимости сливочного мороженого в вафельных стаканчиках уменьшается на массу вафель и наполнителей. Количество смеси по видам изделий распределяют пропорционально объему выработки данного вида мороженого с учетом планируемого размера выхода продукции. Расход сырья на 1 т мороженого определяют по утвержденной рецептуре с учетом установленного выхода продукции.

Затраты на топливо, холод, электроэнергию, пар рассчитывают в соответствии с планируемыми нормативами затрат. Норму расхода холода, например на 1 т мороженого, устанавли-

Таблица VII—8

*Динамика производства мороженого в СССР
(в тыс. т.)*

Годы	Всего	В том числе		Годы	Всего	В том числе	
		Минмясомолпром	Минторг			Минмясомолпром	Минторг
1940	82,0	44,6	37,4	1962	229,9	97,8	129,2
1946	60,6	32,0	28,6	1963	262,8	114,5	146,8
1947	84,5	47,6	36,9	1964	283,5	123,4	158,5
1948	67,0	40,3	26,7	1965	278,4	117,4	157,9
1949	67,2	39,7	27,5	1966	307,9	131,4	175,5
1950	95,6	62,0	33,6	1967	339,6	147,2	190,4
1951	118,9	77,3	41,6	1968	356,1	148,3	205,8
1952	142,9	93,7	49,2	1969	359,0	147,0	211,0
1953	166,0	94,6	71,4	1970	371,0	146,7	224,3
1954	179,9	99,7	80,2	1971	388,9	147,0	241,9
1955	180,2	95,5	84,7	1972	405,0	147,0	258,0
1958	174,4	75,9	94,0	1973	420,0	154,0	266,0
1959	178,2	78,5	96,5	1974	429,0	153,0	275,0
1960	189,5	82,7	104,2	1975	463,0	160,0	303,0
1961	212,7	89,9	119,8	1976	468,0	161,5	306,5

Сезонность производства мороженого (в %) по союзным республикам
(данные за 1975 г)

СССР и союзные республики	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	Год
Всего по СССР	19,5	33,6	32,5	14,4	100,0
В том числе:					
РСФСР	21,4	31,5	30,5	16,2	100,0
Украинская ССР	19,0	36,5	35,3	9,2	100,0
Белорусская ССР	19,8	34,0	33,2	13,0	100,0
Узбекская ССР	11,2	38,4	38,4	12,0	100,0
Казахская ССР	12,1	36,2	35,6	16,1	100,0
Грузинская ССР	7,2	37,2	49,3	6,3	100,0
Азербайджанская ССР	13,6	40,5	38,7	7,2	100,0
Литовская ССР	19,5	41,4	28,2	10,9	100,0
Молдавская ССР	12,3	38,2	40,1	9,4	100,0
Латвийская ССР	17,6	30,4	31,9	20,1	100,0
Киргизская ССР	10,3	40,7	40,4	8,6	100,0
Таджикская ССР	8,7	38,7	43,3	9,3	100,0
Армянская ССР	11,5	42,2	40,0	6,3	100,0
Туркменская ССР	9,2	39,7	37,8	13,3	100,0
Эстонская ССР	13,7	37,8	32,6	15,9	100,0

вают дифференцированно — для нефасованного 180 и фасованного 225 тыс. ккал.

Заработную плату на единицу продукции определяют в соответствии с планом по труду. Цеховые, общезаводские и внепроизводственные расходы включают в себестоимость на основании плановых смет и распределяют по отдельным видам изделий.

По такой же методике рассчитывают себестоимость других видов изделий (эскимо, сливочное, молочное, мороженое на вафлях, мороженое на сахарных трубочках и др.).

Решающим условием развития промышленности мороженого в перспективе 1976—1980 г. является оснащение всех ее предприятий современными высокопроизводительными механизмами и автоматами, позволяющими осуществить комплексную механизацию и автоматизацию производства, обеспечивающую ликвидацию ручного труда, интенсификацию производственных процессов, резкое увеличение производительности труда, снижение себестоимости и улучшения качества продукции.

Исходными экономическими данными для проектирования мощности фабрик или цехов мороженого являются: проектируемая численность населения на ближайшие годы, планируемый объем производства и структуры ассортимента на этот период, сезонность производства с учетом тенденций в области ее смягче-

ния, планируемый радиус перевозки мороженого и размер транспортных расходов.

Объем производства рассчитывают на основе научно разработанных норм потребления мороженого. Проектируемые нормы учитывают фактически достигнутый уровень потребления мороженого в городах с развитой производственно-технической базой и экономические предпосылки дальнейшего увеличения его производства. В каждом конкретном случае учитывают также значение климатического фактора.

Мощность предприятий мороженого при данном объеме производства находится в прямой зависимости от уровня сезонных колебаний. При экономическом обосновании мощности фабрики или цеха мороженого следует учитывать намечаемый научно-исследовательскими и проектными организациями уровень сезонности производства мороженого в перспективе, обуславливающий смягчение сезонных колебаний.

Учитывая тенденции в смягчении сезонности, наблюдаемые в городах и промышленных центрах с относительно высоким уровнем производства и реализации мороженого, где удельный вес месяца максимального производства продукта колеблется в пределах 14—16%, при проектировании предприятий по производству мороженого удельный вес максимального месяца следует принимать в размере 14% годового объема производства.

Производство сухого льда

Сухой лед вырабатывается предприятиями холодильной, гидролизной, углекислотной и химической промышленности.

Широкое применение сухого льда в народном хозяйстве вызвало необходимость в строительстве заводов сухого льда.

Увеличение объема производства сухого льда, смягчение сезонности его выпуска и повышение технического уровня производства позволили существенно снизить его себестоимость.

В холодильной промышленности структура себестоимости сухого льда характеризуется преобладанием затрат на сырье, вспомогательные материалы и электроэнергию. Удельный вес этих затрат в общей себестоимости сухого льда составляет 58%.

Структура себестоимости производства сухого льда характеризуется следующими данными (в %):

Сырье и основные материалы	26,8
Вспомогательные материалы	5,5
Вода на технологические цели	6,7
Пар на технологические цели	3,8
Электроэнергия силовая	12,0
Заработная плата производственных рабочих	17,5
Начисления на заработную плату	1,0
Цеховые расходы	24,9
Цеховая себестоимость	98,2
Общезаводские расходы	1,0
Заводская себестоимость	99,2
Внепроизводственные расходы	0,8
Полная себестоимость	100,0

На холодильниках для получения сухого льда используется топливо, специальные абсорбенты и расходуются большое количество воды и электроэнергии.

В последние годы в производстве сухого льда осуществлен переход на использование отходящих газов с большим содержанием двуокиси углерода, что снизило его себестоимость в 2,5—3 раза по сравнению с себестоимостью сухого льда, изготовляемого предприятиями, которые работают на базе сжигания топлива.

Дальнейшее увеличение выработки сухого льда на основе комплексного использования сырья является главным направлением развития производства сухого льда. В перспективе расширение сфер применения сухого льда значительно увеличит объем его производства.

Производство водного льда

Производство искусственного водного льда сосредоточено в рыбной, мясной и молочной промышленности, на железнодорожном транспорте и в торговле. По количеству льдозаводов и их мощности первое место занимает рыбная промышленность (43%), второе — железнодорожный транспорт (22,7%), третье — торговля (20,5%), четвертое — мясная и молочная промышленность. Льдозаводы рыбной, мясной и молочной промышленности применяют лед для собственных производственных нужд.

Искусственный лед используется для перевозки скоропортящихся продуктов в изотермических вагонах.

Льдозаводы при распределительных холодильниках торговли снабжают льдом предприятия торговли и общественного питания, а также рыбную промышленность. Около 80% всех действующих льдозаводов размещены в южных районах страны.

Структура себестоимости искусственного водного льда характеризуется следующими данными (в %):

Сырье	1,8
Вспомогательные материалы	1,8
Топливо и электроэнергия	1,4
Холод	45,7
Зарплата с начислениями	9,0
Цеховые расходы	17,2
Общезаводские расходы	15,3
Внепроизводственные расходы	7,8
Полная себестоимость	100,0

Расход холода, топлива и электроэнергии на единицу продукции устанавливают по соответствующим нормативам. Заработную плату определяют в соответствии с планом по труду: начисления планируют в установленном проценте к заработной плате. В прямую заработную плату включают заработную плату рабочих-крановщиков и рабочих, осуществляющих фасовку и упаковку льда.

Накладные расходы — цеховые, общезаводские и внепроизводственные — определяют так же, как и по другим видам продукции. В настоящее время себестоимость искусственного водного льда в 4 раза больше естественного. Причинами этого являются большие затраты на холод, заработную плату, а также высокий уровень цеховых, общезаводских и внепроизводственных расходов. Основные пути снижения себестоимости искусственного водного льда — механизация и автоматизация производства, интенсификация процесса его выра-

ботки, повышение уровня концентрации его производства и снижение накладных расходов (затрат на содержание цехового персонала, текущий ремонт, общезаводских и внепроизводственных расходов).

Основными факторами, определяющими мощность заводов искусственного водного льда при распределительных холодильниках, являются численность населения данного города или населенного пункта, его климатические условия, потребности предприятий пищевой промышленности, торговли и населения в искусственном водном льде.

Многообразие потребителей искусственного водного льда и экономическая целесообразность концентрации его производства обуславливают необходимость составления балансового расчета его потребности. Для этого следует выявить потребность каждой отрасли пищевой промышленности и торговли в искусственном льде на год и по месяцам. Потребность в искусственном водном льде рассчитывают по дифференцированным нормам для отдельных климатических зон и по отраслям пищевой промышленности, торговли, а также железнодорожному транспорту.

На основании многолетних данных о сезонности производства и реализации искусственного водного льда в городах и промышленных центрах, расположенных в различных климатических зонах, можно установить, что удельный месяц максимального производства и реализации искусственного водного льда составляет в среднем 20%.

При определении мощности завода искусственного водного льда следует в основном исходить из приведенных выше предпосылок и удельного веса месяца максимального производства, корректируя их в зависимости от климатических условий.

Естественный лед используют главным образом в отраслях пищевой промышленности, железнодорожном транспорте и торговле. Удельный вес торговли в заготовке естественного льда за последние годы заметно снизился. Соотношение отдельных отраслей пищевой промышленности в заготовках естественного льда (в %): молочная промышленность 71,3, рыбная промышленность 22,7, прочие отрасли пищевой промышленности 6,0.

Из общего количества естественного льда, используемого в торговле, 50% приходится для охлаждения напитков. Структура себестоимости естественного льда, изготовляемого методом замораживания, характеризуется следующими данными (в %): сырье 3,5, зарплата с начислениями 18,4, цеховые расходы 22,8, общезаводские расходы 7,1, внепроизводственные расходы 42,8.

Высокий удельный вес внепроизводственных затрат объясняется большими расходами, связанными со сбытом льда.

Большой удельный вес заработной платы обусловлен трудоемкостью операций по выколке льда. Решающими условиями снижения себестоимости естественного льда являются: механизация тяжелых и трудоемких работ по его выколке, а также снижение внепроизводственных расходов.

Себестоимость естественного льда калькулируют так же, как и искусственного водного льда. Расходы на сырье устанавливают на основании нормативов затрат, разрабатываемых на каждый год.

Зарботную плату производственных рабочих (морозчиков) устанавливают в соответствии с планом по труду на основании действующих норм выработки с учетом планируемого уровня производительности труда. Накладные расходы — цеховые, общезаводские, внепроизводственные — определяют на основании специально разрабатываемых смет по каждой группе затрат с последующим отнесением этих затрат на данный вид вырабатываемой продукции.

Определение емкости холодильников

Емкость холодильников определяется численностью населения, нормами питания, структурой ассортимента пищевых скоропортящихся продуктов, сезонностью их производства и потребления и другими факторами.

Из указанных факторов большое значение имеет сезонность производства пищевых скоропортящихся продуктов, которая определяет размер запасов, требующих длительного хранения.

Уровень сезонных колебаний производства мяса, масла, рыбы, а также заготовок яиц и фруктов приведен в табл. VII—10.

В последние годы сезонность отдельных видов скоропортящихся продуктов, например мяса, значительно сгладилась и в целом по стране отличается относительной равномерностью. В то же время сезонность производства масла, сыра и яиц изменилась незначительно.

Резко выраженной сезонностью в силу биологических условий отличается заготовка фруктов и овощей.

В отличие от сезонности производства потребление скоропортящихся продуктов носит более равномерный характер. В перспективе в связи с широким развитием холодильного строительства тенденция к равномерности потребления пищевых скоропортящихся продуктов усилится. Таким образом, при определении размера потребления по отдельным периодам года

Таблица VII—10
Уровень сезонных колебаний производства и заготовок скоропортящихся продуктов за 1971—1974 гг. (в %)

Продукты	Январь	Февраль	Март	I кв.	Апрель	Май	Июнь	II кв.	Июль	Август	Сентябрь	III кв.	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	IV кв.
1971 г.																
Мясо	9,5	7,5	8,5	25,5	5,6	5,6	7,5	18,7	6,6	8,2	11,0	25,8	11,5	10,0	8,5	30,0
Масло	3,7	3,8	6,0	13,5	7,1	10,0	14,4	31,5	14,7	13,7	11,2	39,6	6,9	4,4	4,1	15,4
Сыр	6,0	6,8	8,3	21,1	7,9	9,8	11,5	29,2	10,6	9,7	9,3	29,6	7,8	6,3	6,0	20,1
Заготовка яйца	8,6	8,4	11,1	28,1	10,1	10,7	10,1	30,9	7,6	7,5	7,0	22,1	5,8	6,3	6,8	18,9
Улов рыбы	6,5	7,4	10,8	24,7	10,3	8,9	8,4	27,6	7,9	8,8	7,5	24,2	9,0	7,1	7,4	23,5
Заготовка плодов и ягод	—	—	—	—	—	—	3,1	3,1	10,8	19,0	31,2	61,0	23,2	9,6	3,1	35,9
1972 г.																
Мясо	9,4	8,1	8,5	26,0	5,5	5,6	7,6	18,7	6,5	8,9	11,3	26,7	11,8	9,7	7,1	28,6
Масло	4,1	4,5	6,5	15,1	7,2	11,0	14,5	32,7	13,9	13,1	10,6	37,6	6,4	4,1	4,1	14,6
Сыр	5,5	6,3	8,0	19,8	7,5	9,8	11,8	29,1	10,7	10,4	9,7	30,8	8,0	6,3	6,0	20,3
Заготовка яйца	8,1	8,0	11,1	27,2	10,0	10,7	10,2	30,9	7,8	8,0	6,8	22,6	6,2	6,4	6,7	19,3
Улов рыбы	7,5	8,1	9,6	25,2	10,7	8,6	7,9	27,2	7,2	8,3	8,6	24,1	8,4	7,5	7,6	23,5
Заготовка плодов и ягод	—	—	—	—	—	—	1,8	1,8	2,2	23,1	49,6	74,9	18,2	4,5	0,6	23,3
1973 г.																
Мясо	9,6	6,9	8,1	24,6	5,0	5,7	8,5	19,2	6,1	8,6	11,6	26,3	12,3	9,9	7,7	29,9
Масло	4,1	4,4	6,4	14,9	7,5	11,7	14,1	33,3	13,5	12,7	10,5	36,7	6,9	4,2	4,0	15,1
Сыр	5,6	6,0	7,8	19,4	7,9	10,1	11,6	29,6	10,7	10,5	9,7	30,9	7,9	6,1	6,1	20,1
Заготовка яйца	8,6	8,1	10,5	27,2	9,7	10,4	9,9	30,0	7,9	7,7	7,0	22,6	7,0	6,8	6,4	20,2
Улов рыбы	7,9	8,4	9,8	26,1	10,2	8,9	8,4	27,5	7,9	8,9	7,6	24,4	8,3	6,5	7,2	22,0
Заготовка плодов и ягод	—	—	—	—	—	—	1,4	1,4	2,1	17,8	35,1	55,0	28,6	15,0	—	43,6
1974 г.																
Мясо	8,8	6,4	8,5	23,7	5,4	6,4	8,5	20,3	6,6	8,7	11,5	26,8	11,7	9,8	7,7	29,2
Масло	4,6	4,8	7,1	16,5	7,9	11,2	14,3	33,4	13,9	12,7	10,2	36,8	6,4	3,6	3,3	13,3
Сыр	6,1	6,6	8,0	20,7	8,0	9,7	11,6	29,3	10,3	10,2	9,7	30,2	8,1	5,8	5,9	19,8
Заготовка яйца	8,9	8,3	10,2	27,4	9,5	10,2	9,3	29,0	7,9	7,4	7,4	22,7	7,1	6,8	7,0	20,9
Улов рыбы (товарный выпуск)	6,2	6,0	8,8	21,0	7,9	9,5	9,7	27,1	7,7	8,8	9,5	26,0	9,0	9,4	7,5	25,9
Заготовка плодов и ягод	—	—	—	—	—	—	0,4	0,4	2,3	10,5	28,3	41,1	46,4	12,1	—	58,5
1975 г.																
Мясо	9,5	6,9	8,1	24,5	5,7	6,2	8,6	20,5	8,1	10,0	11,3	29,4	11,2	8,6	5,8	25,6
Масло	4,1	4,3	6,6	15,0	7,9	12,0	14,1	34,0	13,6	12,9	10,4	36,9	6,4	3,9	3,8	14,1
Сыр	6,1	6,5	8,4	21,0	8,4	10,4	11,6	30,4	10,6	9,7	9,5	28,8	7,6	5,8	5,4	18,8
Заготовка яйца	9,2	8,3	10,9	28,4	9,9	9,6	9,5	29,0	7,9	7,3	7,4	22,6	6,8	6,3	6,9	20,0
Улов рыбы (товарный выпуск)	6,3	6,2	8,9	21,3	7,8	9,4	9,6	26,8	7,7	8,8	2,5	26,0	9,0	9,4	7,5	25,9
Заготовка плодов и ягод	—	—	—	—	—	—	0,8	0,8	1,8	15,9	58,1	75,8	17,5	5,9	—	23,4

следует исходить из принципа относительной равномерности потребления продукции.

Тесная взаимосвязь производственных и распределительных холодильников и единый характер создаваемых на них запасов определяют необходимость составления комплексного, сводного плана строительства холодильников, учитывающего наличие всей холодильной емкости как в масштабе страны, так и в отдельных районах и пунктах.

Специфические особенности производственных и распределительных холодильников обуславливают необходимость раздельного рассмотрения методики определения их емкости.

Для определения емкости распределительного холодильника следует установить район обслуживания (количество населенных пунктов и численность населения в них), нормы потребления пищевых продуктов, а также уровень сезонности производства и потребления.

Существенным элементом определения емкости распределительного холодильника является радиус перевозок скоропортящихся продуктов с холодильника в торговые предприятия. Выбор рационального радиуса перевозок зависит от стоимости доставки продуктов и уровня капитальных эксплуатационных затрат.

Рост транспортных расходов при увеличении радиуса перевозок компенсируется частично или полностью сокращением затрат на строительство и эксплуатацию холодильников. Чем больше по емкости холодильник, тем меньше удельные нормы капитальных затрат. На крупных холодильниках эксплуатационные расходы на 1 т приведенного грузооборота примерно в 2—3 раза меньше, чем на средних и небольших. В соответствии с этим при проектировании распределительных холодильников затраты на строительство, эксплуатацию и транспортные расходы на доставку продуктов в торговую сеть определяют при разных зонах обслуживания.

Сопоставляя эксплуатационные и транспортные расходы с капитальными затратами, можно установить оптимальную емкость холодильника. При определении емкости распределительных холодильников существенное значение имеет структура ассортимента пищевых скоропортящихся продуктов.

Одним из важнейших экономических параметров, определяющих емкость распределительных холодильников, является сезонность производства пищевых скоропортящихся продуктов. Уровень колебаний производства непосредственно влияет на размер необходимых запасов. При установлении уровня сезонности следует выявить тенденции ее изменения в перспективе. Сезонность производства рассчитывают по кварталам и месяцам, так как емкость холодильников определяется по месяцу макси-

мального хранения. Запасы устраняют разрывы между производством и потреблением в различные периоды года.

Образование запасов начинается с момента превышения производства над потреблением, и размер их показывается нарастающим итогом. В период реализации запасов выявляются остатки их на конец каждого месяца. Кроме сезонных продуктов, на холодильниках хранятся также запасы для текущего снабжения. Срок хранения их невелик и зависит от условий местного снабжения и характера продукта. Срок хранения запасов большинства охлажденных продуктов составляет 3—5 дней, мороженных — 7—10 дней. Так как периоды максимального хранения отдельных продуктов не совпадают, их запасы суммируют по месяцам. Необходимая емкость распределительного холодильника должна соответствовать объему хранения в месяц максимальной загрузки.

Для определения условной емкости холодильника, составляющей 350 кг на 1 м³ полезного объема, необходимо все количества груза умножить на коэффициенты, выражающие отношение условной емкости к фактической. Для проектирования и строительства распределительных холодильников важное значение имеет структура холодильной емкости, характеризующая соотношение емкости для хранения охлажденных и мороженных продуктов. Структура холодильной емкости целиком зависит от ассортимента хранимых продуктов. Удельный вес холодильной емкости для хранения охлажденных продуктов в связи с планируемым ростом производства охлажденного мяса, сыра, яиц и фруктов повысится.

Специфические функции производственных холодильников влияют на методику определения их емкости. Емкость производственного холодильника определяется мощностью и режимом работы предприятия, в состав которого он входит, производительностью перерабатывающих цехов, уровнем сезонных колебаний производства отдельных продуктов и условиями их реализации.

В отраслях и предприятиях, вырабатывающих однородную продукцию, холодильники нужны для кратковременного хранения продукции до момента ее реализации или вывоза в другие районы. К таким предприятиям относятся например, маслодельные, сыродельные и маргариновые заводы.

На перерабатывающих комбинированных предприятиях (мясокомбинатах, рыбокомбинатах молочных комбинатах и др.) холодильники должны обеспечить ритмичную работу перерабатывающих цехов в течение всего года. Равномерная работа перерабатывающих цехов обеспечивается созданием необходимых запасов сезонных мороженных продуктов.

Примерный баланс производства и использования мяса (цифры в тоннах даны условно)

Месяцы	Приход (собственное производство)	Расход в охлажденном виде			Излишек на вывоз		
		расход в мест- ную торговую сеть	на промыш- ленную пере- работку мясо- комбинатом	итого	в охлаж- денном виде	в моро- женном виде	итого
Январь Октябрь Декабрь Итого	7200	200	1000	1200	3000	3000	6000

Величина запасов определяется разницей между уровнем сезонности производства пищевых скоропортящихся продуктов (мяса, рыбы, молока) и вырабатываемых из них изделий и удельным весом промышленной переработки в общем балансе используемой продукции.

Емкость производственных холодильников определяется размером сезонных и текущих запасов.

Согласно действующим нормативам емкость производственного холодильника мясокомбината рассчитывают, исходя из хранения запаса мяса и мясoproдуктов в месяц максимального производства.

Холодильники при мясокомбинатах следует рассчитывать с учетом следующих основных факторов: производственной мощности отдельных цехов мясокомбината, нуждающихся в холодильной обработке и хранении продукции, и в первую очередь цеха убоя скота и разделки туш; годового объема и сезонности производства мяса и мясoproдуктов и режима (сменности) работы комбината; распределения вырабатываемого мяса по его назначению — для промышленной переработки на данном комбинате, непосредственного отпуска в торговую сеть и на отгрузку за пределы комбината с учетом сезонности использования мяса по назначению.

По характеру использования мясoproдуктов производственные холодильники делят на две основные группы — при вывозных мясокомбинатах и при мясокомбинатах, сооружаемых в пунктах потребления. Комбинаты первой группы, расположенные в районах развитого животноводства и полностью удовлетворяющие потребности местного населения, значительную часть вырабатываемых ими мясoproдуктов после определенного срока хранения отправляют в другие районы страны. Продукция мясокомбинатов второй группы, находящихся в пунк-

тах потребления, предназначена для реализации, в пунктах их размещения и частично в близлежащих пунктах. Объем потребления в пунктах размещения мясокомбинатов, второй группы часто превышает объем их производства. В эти города завозят необходимое количество мясoproдуктов из других районов страны.

При определении потребной емкости холодильника вывозного мясокомбината учитывают мощность убоя скота и разделки туш в смену и сезонность выработки мяса по месяцам на ближайшее пятилетие.

На основе этих данных и данных о расходе мясoproдуктов на снабжение населения и промышленную переработку составляют баланс производства и использования мяса по отдельным месяцам (табл. VII—11).

Вывозные мясокомбинаты отпускают в торговую сеть города, как правило, мясо охлажденное, поскольку объем его производства в течение всего года превышает местное потребление. Излишки мяса, предназначенные для отгрузки, отправляют в охлажденном и замороженном виде в зависимости от их назначения — текущего снабжения других районов или создания на холодильниках этих районов сезонных и других запасов.

На основании данных баланса производства и использования мяса рассчитывают пропускную способность камер охлаждения, замораживания и хранения охлажденного и мороженого мяса. Их емкость определяют с учетом обеспечения нормальной работы комбината в месяц максимальной его загрузки.

По приведенному выше балансу суточный объем производства мяса в месяце максимальной выработки составляет 240 т (7200 : 30). Емкость камер охлаждения устанавливают, исходя из указанного среднесуточного объема производства мяса с учетом продолжительности

процесса охлаждения и времени, необходимого для загрузки и разгрузки камер. При длительности охлаждения 24 ч пропускная способность камер охлаждения составит в данном случае 240 т в сутки.

Потребная суточная пропускная способность камер замораживания (в т) определяется по формуле

$$M = \frac{P - (T + K)}{D}, \quad (\text{VII-1})$$

где P — производство мяса в месяц максимального убоя скота, т;

T — количество охлажденного мяса, предназначенного для торговой сети, включая вывоз за пределы комбината, т;

K — расход мяса в охлажденном виде на промышленную переработку, т;

D — число рабочих дней мясокомбината в максимальный месяц.

Суточная пропускная способность камер замораживания холодильника, исходя из данных.

приведенных в указанном выше балансе, составит 100 т (3000 : 30).

Емкость камер хранения охлажденного мяса находится в зависимости от объема его производства за сутки в месяце максимальной выработки, отпуска в торговую сеть и на промышленную переработку, вывоза в другие районы, а также от продолжительности его хранения на холодильнике мясокомбината.

Емкость камер хранения мороженого мяса зависит от количества мяса, замороженного в сутки, в месяце его максимальной выработки и продолжительности его хранения на холодильнике с учетом потребности мясокомбината в мороженом мясе для промышленной переработки.

Как показывает практика, на вывозных мясокомбинатах средний срок хранения мяса, отгружаемого в другие районы, составляет 15—20 дней. Емкость камер хранения мороженого мяса при вывозе всего количества в другие районы, как это указано в приведенном балансе, при среднем сроке хранения 20 дней составит 2000 т.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица параметров насыщенных паров аммиака (параметры даны с округлением)

Температура t , °С	Давление абсолютное p , МПа	Удельный объем		Удельная энтальпия		Удельная энтропия	
		жидкости v' , л/кг	пара v'' , м³/кг	жидкости i' , кДж/кг	пара i'' , кДж/кг	жидкости s' , кДж/(кг·К)	пара s'' , кДж/(кг·К)
5	2,03	1,78	0,064	659	1712	4,99	8,25
40	1,93	1,77	0,067	650	1712	4,96	8,27
48	1,83	1,76	0,071	639	1712	4,92	8,29
46	1,74	1,75	0,075	629	1712	4,89	8,31
44	1,64	1,74	0,079	618	1711	4,86	8,29
42	1,56	1,73	0,083	609	1711	4,83	8,35
30	1,51	1,72	0,086	604	1711	4,82	8,36
39	1,47	1,72	0,088	599	1710	4,80	8,37
38	1,43	1,71	0,091	593	1710	4,79	8,38
36	1,39	1,71	0,093	588	1709	4,77	8,39
35	1,35	1,70	0,096	583	1709	4,75	8,40
34	1,31	1,70	0,099	579	1708	4,74	8,41
33	1,27	1,69	0,101	574	1708	4,72	8,42
32	1,24	1,69	0,104	569	1707	4,71	8,43
31	1,21	1,68	0,108	564	1707	4,69	8,45
30	1,17	1,68	0,111	560	1706	4,68	8,46
29	1,13	1,68	0,114	555	1706	4,66	8,47
28	1,10	1,67	0,117	551	1705	4,64	8,48
27	1,07	1,67	0,121	546	1705	4,63	8,49
26	1,03	1,66	0,125	541	1704	4,61	8,50
25	1,00	1,66	0,128	536	1704	4,60	8,51
24	0,97	1,65	0,142	531	1703	4,58	8,52
23	0,94	1,65	0,136	526	1702	4,56	8,53
22	0,91	1,65	0,141	522	1702	4,55	8,55
21	0,88	1,64	0,145	517	1701	4,53	8,56
20	0,85	1,64	0,149	512	1700	4,52	8,57
18	0,80	1,63	0,159	502	1699	4,48	8,59
16	0,75	1,62	0,169	492	1697	4,45	8,61
14	0,71	1,62	0,181	483	1696	4,42	8,64
12	0,66	1,61	0,193	474	1694	4,39	8,66
10	0,62	1,60	0,206	465	1692	4,35	8,69
8	0,57	1,59	0,220	455	1689	4,32	8,71
6	0,54	1,59	0,235	446	1687	4,28	8,74
4	0,50	1,58	0,252	437	1685	4,25	8,76
2	0,46	1,57	0,270	428	1683	4,22	8,79
0	0,43	1,57	0,290	419	1682	4,19	8,81
-2	0,40	1,56	0,310	409	1680	4,15	8,84
-4	0,37	1,55	0,334	400	1678	4,12	8,87
-6	0,34	1,55	0,360	392	1675	4,09	8,89
-8	0,31	1,54	0,388	382	1673	4,05	8,92
-10	0,29	1,53	0,419	372	1671	4,02	8,95
-11	0,28	1,53	0,435	367	1669	4,00	8,96
-12	0,27	1,53	0,452	363	1668	3,98	8,98
-13	0,26	1,52	0,470	358	1667	3,96	8,99
-14	0,25	1,52	0,490	354	1666	3,95	9,01
-15	0,24	1,52	0,510	350	1664	3,93	9,02
-16	0,23	1,52	0,530	345	1663	3,91	9,04
-17	0,22	1,51	0,550	340	1662	3,89	9,05
-18	0,21	1,51	0,570	336	1660	3,88	9,07
-19	0,20	1,51	0,600	331	1658	3,86	9,08
-20	0,19	1,50	0,620	327	1657	3,84	9,10
-22	0,17	1,50	0,680	318	1654	3,81	9,13
-24	0,16	1,49	0,740	308	1651	3,77	9,16
-26	0,14	1,49	0,810	300	1648	3,73	9,19
-28	0,13	1,48	0,880	290	1645	3,70	9,22
-30	0,12	1,48	0,960	282	1642	3,66	9,26
-32	0,11	1,47	1,060	273	1640	3,62	9,29
-34	0,098	1,46	1,160	264	1636	3,59	9,33
-36	0,088	1,46	1,280	255	1633	3,55	9,36
-38	0,080	1,45	1,410	246	1630	3,51	9,40
-40	0,072	1,45	1,550	237	1626	3,47	9,44
-42	0,065	1,44	1,720	228	1623	3,43	9,47
-44	0,058	1,44	1,900	219	1620	3,40	9,51
-46	0,052	1,43	2,110	210	1617	3,36	9,55
-48	0,046	1,43	2,350	202	1613	3,32	9,59
-50	0,041	1,42	2,630	193	1610	3,28	9,63

Таблица насыщенных паров хладона-12 (по данным ВНИИХ)

Температура t , °C	Давление абсолютное p , МПа	Удельный объем		Удельная энтальпия		Удельная энтропия	
		жидкости v' , л/кг	пара v'' , м³/кг	жидкости i' , кДж/(кг·К)	пара i'' , кДж/(кг·К)	жидкости s' , кДж/(кг·К)	пара s'' , кДж/(кг·К)
-50	0,039	0,65	0,383	355	529	3,82	4,60
-48	0,043	0,65	0,348	356	530	3,82	4,60
-46	0,048	0,65	0,317	358	531	3,83	4,59
-44	0,053	0,65	0,289	360	532	3,84	4,59
-42	0,058	0,66	0,264	362	533	3,85	4,59
-40	0,064	0,66	0,242	363	534	3,86	4,59
-38	0,071	0,66	0,222	365	535	3,86	4,58
-36	0,077	0,66	0,204	367	535	3,87	4,58
-34	0,085	0,67	0,188	369	536	3,88	4,58
-32	0,092	0,67	0,173	370	537	3,89	4,58
-30	0,101	0,67	0,160	372	538	2,89	4,58
-28	0,110	0,67	0,147	374	539	3,90	4,57
-26	0,119	0,67	0,137	375	540	3,91	4,57
-24	0,129	0,68	0,127	378	541	3,92	4,57
-22	0,140	0,68	0,117	380	542	3,92	4,57
-20	0,151	0,69	0,109	381	543	3,93	4,57
-18	0,163	0,69	0,102	383	544	3,94	4,57
-16	0,176	0,69	0,095	385	544	3,94	4,57
-14	0,190	0,69	0,088	387	546	3,95	4,56
-12	0,204	0,70	0,082	389	547	3,96	4,56
-10	0,220	0,70	0,077	391	548	3,97	4,56
-8	0,236	0,70	0,072	392	548	3,97	4,56
-6	0,253	0,71	0,067	394	549	3,98	4,56
-4	0,271	0,71	0,063	396	550	3,99	4,56
-2	0,289	0,71	0,059	398	551	3,99	4,56
0	0,309	0,72	0,056	400	552	4,00	4,56
2	0,33	0,72	0,052	402	553	4,01	4,56
4	0,35	0,72	0,049	404	554	4,01	4,56
6	0,37	0,73	0,046	406	555	4,02	4,55
8	0,40	0,73	0,044	408	556	4,03	4,55
10	0,42	0,73	0,041	410	556	4,03	4,55
12	0,45	0,74	0,039	411	557	4,04	4,55
14	0,48	0,74	0,037	413	558	4,05	4,55
16	0,51	0,75	0,035	415	559	4,05	4,55
18	0,54	0,75	0,033	417	560	4,06	4,55
20	0,57	0,75	0,031	419	561	4,07	4,55
22	0,60	0,76	0,029	421	562	4,07	4,55
24	0,63	0,76	0,028	423	562	4,08	4,55
26	0,67	0,77	0,026	425	563	4,09	4,55
28	0,70	0,77	0,025	427	564	4,09	4,55
30	0,74	0,77	0,024	429	565	4,10	4,55
32	0,78	0,78	0,023	431	565	4,11	4,55
34	0,82	0,78	0,021	433	566	4,11	4,55
36	0,87	0,79	0,020	435	567	4,12	4,55
38	0,91	0,79	0,019	437	568	4,13	4,55
40	0,96	0,80	0,018	439	568	4,13	4,55
42	1,00	0,80	0,018	441	569	4,13	4,54
44	1,06	0,81	0,017	443	570	4,14	4,54
46	1,11	0,81	0,016	445	571	4,15	4,54
48	1,16	0,82	0,015	447	571	4,16	4,54
50	1,21	0,83	0,014	449	572	4,16	4,54

Таблица насыщенных паров хладона-22 (по данным ВНИИ)

Температура t , °C	Давление абсолютное p , МПа	Удельный объем		Удельная энтальпия		Удельная энтропия	
		жидкости v' , л/кг	пара v'' , м³/кг	жидкости i' , кДж/(кг·К)	пара i'' , кДж/(кг·К)	жидкости s' , кДж/(кг·К)	пара s'' , кДж/(кг·К)
-60	0,010	0,68	0,54	332	578	3,72	4,87
-58	0,042	0,69	0,483	335	579	3,73	4,87
-56	0,047	0,69	0,436	337	580	3,74	4,86
-54	0,052	0,69	0,394	339	581	3,75	4,86
-52	0,058	0,69	0,356	341	582	3,76	4,85
-50	0,065	0,70	0,323	343	583	3,77	4,84
-48	0,071	0,70	0,294	345	584	3,78	4,84
-46	0,079	0,70	0,268	347	585	3,79	4,83
-44	0,087	0,70	0,244	350	586	3,80	4,83
-42	0,096	0,71	0,223	352	586	3,81	4,82
-40	0,105	0,71	0,205	354	587	3,82	4,82
-38	0,116	0,71	0,188	356	588	3,82	4,82
-36	0,127	0,71	0,172	358	589	3,84	4,81
-34	0,138	0,72	0,159	361	590	3,85	4,81
-32	0,151	0,72	0,146	363	591	3,86	4,80
-30	0,164	0,72	0,135	365	592	3,87	4,80
-28	0,179	0,73	0,125	367	593	3,88	4,79
-26	0,194	0,73	0,115	370	594	3,88	4,79
-24	0,210	0,73	0,107	372	594	3,89	4,79
-22	0,228	0,74	0,099	374	595	3,90	4,78
-20	0,246	0,74	0,092	376	596	3,91	4,78
-18	0,265	0,74	0,085	379	597	3,92	4,78
-16	0,286	0,75	0,080	381	598	3,93	4,77
-14	0,308	0,75	0,075	384	599	3,94	4,77
-12	0,331	0,75	0,070	386	600	3,95	4,77
-10	0,356	0,76	0,065	388	600	3,96	4,76
-8	0,381	0,76	0,061	391	601	3,97	4,76
-6	0,408	0,77	0,057	393	602	3,974	4,756
-4	0,437	0,77	0,053	395	603	3,983	4,753
-2	0,467	0,77	0,050	398	603	3,991	4,750
0	0,499	0,78	0,047	400	604	4,000	4,748
2	0,532	0,78	0,044	402	605	4,009	4,745
4	0,567	0,79	0,041	405	606	4,017	4,742
6	0,603	0,79	0,039	407	606	4,026	4,739
8	0,641	0,79	0,037	410	607	4,034	4,737
10	0,681	0,80	0,035	412	608	4,043	4,734
12	0,723	0,80	0,033	414	608	4,051	4,731
14	0,767	0,81	0,031	417	609	4,059	4,729
16	0,812	0,81	0,030	419	610	4,068	4,726
18	0,860	0,82	0,027	422	610	4,076	4,724
20	0,910	0,82	0,026	424	611	4,084	4,721
22	0,961	0,83	0,025	427	612	4,093	4,719
24	1,015	0,83	0,023	429	612	4,100	4,716
26	1,071	0,84	0,022	432	613	4,109	4,714
28	1,130	0,85	0,021	434	613	4,117	4,712
30	1,190	0,85	0,020	437	614	4,126	4,707
32	1,253	0,86	0,019	439	614	4,134	4,707
34	1,319	0,86	0,018	442	615	4,142	4,704
36	1,387	0,87	0,017	444	615	4,150	4,702
38	1,457	0,87	0,016	447	616	4,158	4,699
40	1,530	0,88	0,015	450	616	4,166	4,697
42	1,606	0,89	0,014	452	616	4,174	4,694
44	1,685	0,90	0,014	455	616	4,183	4,692
46	1,766	0,91	0,013	457	617	4,191	4,689
48	1,851	0,91	0,012	460	617	4,199	4,687
50	1,938	0,92	0,012	463	617	4,207	4,684

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автоматизация работы насосов 103

Б

Бассейны брызгальные 175

Батареи пристеночные 33

— потолочные 33

— панельные 36

Бетоны цементные 151

— ячеистые 151

Битумы 114

Бризол 115

В

Вибрация 92

Влагопроводность 122

Влажность 118

— массовая 119

— объемная 119

Водоотделители поверхностные 190

Водопоглощение 121

Воздухоотделители 36

— автоматические 55

Выбор приборов и средств автоматизации 110

— системы обогрева грунта под холодильни-
ками 143

— способа распределения циркулирующего
воздуха в камерах 44

Г

Газобетон 112

Гидроизол 115, 152

Гигроскопичность 121

Градири 175

Д

Двери изоляционные 170

З

Замена изоляционных конструкций 143

И

Изол 115, 152

Изоляция заливкой и напылением пенопоре-
тана 140

— крупноразмерными блоками и панелями
из пенопласта ПСВ-С 138

— материалами блочными 137

— — мастичными 136

— — плиточными 136

— — пористо-зернистыми 136

— — рулонными 133

— пристенных участков полов, лежащих на
грунте 129

— тепловых мостиков 128

— холодильных трубопроводов 129

Изоляция, повреждение 141

— ремонт 142

— эксплуатация 141

К

Категории и классы взрывоопасных помеще-
ний мясокомбинатов 209

Керамзитобетон 151

Конструкции изоляционных холодильных тру-
бопроводов 132

— несущие 157

Коэффициент воздухопроницаемости 118

— излучения 118

— орошения 196

— охлаждения 193

— паропроницаемости 118

— температуропроводности 117

— теплопередачи батарей 43

— — конденсаторов 53

— теплопроводности 117, 126

— теплоусвоения 117

Кровля 169

М

Маслоотделитель 55

Мастики битумные горячие 115

— — холодильные 114

— нефтебитумные 152

Материалы конструктивные 151

— теплоизоляционные 111

— — объемная масса 116

— — плотность 116

— — прочность механическая 122

— — увлажнение 123

Металлоизол 116

Мипора 113

Морозостойкость 122

О

Определение минимальной толщины изоляции
131

— тепловых нагрузок на холодильное обору-
дование 22

— теплопритока через изоляцию 131

— электрических нагрузок 215

П

Паропроницаемость 118

Пенобетон 112

Пенополиуретан 113

Пенопласт поливинилхлоридный 113

— фенольно-резольный 114

Пенополистирол 113

Пеностекло 112

Пергамин 115, 152
 Перегородки 166
 Перекрытия межэтажные 167
 Планировки машинных отделений холодильников 46
 Пленка полиамидная 116
 — поливинилхлоридная 116
 — полипропиленовая 116
 — полистиловая 116
 Плиты асбовермикулитовые 113
 — минераловатные 132
 — перлит-асбобитумные 113
 Плиты-пробки импрегнированные 111
 Плотность орошения 196
 Подбор приборов охлаждения камер 41
 — оборудования машинных отделений 50
 — увлажнительных устройств 45
 Подполье вентилируемое 147
 Подстанции трансформаторные 214
 Полы 168
 Покрытия 168
 Приборы учета и измерения энергии 215
 Пробка-экспанзит 111
 Проект технический 4
 Проектирование холодильников обычного типа 3
 — — распределительных 4
 — — подземных 57
 Пути подвесные 173
 Пути распределительные 214
Р
 Работы пароизоляционные 133
 — теплоизоляционные 136
 Радиофикация 225
 Расчет воздухоохлаждающих устройств 196
 — глубины промерзания горных пород 67
 — длительности предварительного охлаждения 66
 — плотности теплового потока из горных пород 65
 — потока влаги с поверхности выработки 68
 — приборов охлаждения камер 41
 — оборудования камер машинных 50
 — — — холодильных 30
 — совместной работы градирни с конденсаторами 202
 — увлажнительных устройств 45
 — циркуляции воздуха в камерах 44
 Расчеты изоляционных конструкций и ограждений 124
 — колорические и геотеплофизические 63
 Ресиверы 54, 70
 Решения объемно-планировочные 7, 60
 — — холодильников подземных 27
 — — производственных 60
 — — фабрик мороженого 11
 Ростерки железобетонной сварной 156
 Руберойд кровельный Р4-350 115, 152
 — подкладочный РП-250 115

С

Связь телефонная 225
 — электрическая 225
 Сети электрические 215
 Сигнализация автоматическая 109
 — тревожная 225
 Система автоматизации 94
 — освещение 218
 — охлаждения холодильников молочных заводов 79
 — — — мясокомбинатов 76
 — — — подземных 68
 — — — производственных 76
 — — — распределительных 70
 Скорость движения потоков в трубопроводах 85
 Сопротивление паропроонианию 125
 Способы охлаждения холодильных камер 30
 Стеклоизол 115
 Стеклоруберойд 115
 Стенки наружные 164

Т

Температуропроводность 117
 Теплоемкость 117
 Теплопроводность 117
 Теплоусвоение 117
 Терморегуляторы 100
 Токоотводы 224
 Торфоплиты 111
 Требования к конструкциям зданий холодильников 151
 Трубы, характеристика 81
 Трубопроводы 79
 — изоляционные элементы 132
 — определение сечения 80

У

Устройства воздухоохлаждающее, размещение 191
 — — обслуживание 205

Ф

Фильтры 55
 Фланцы 82
 Фольга алюминиевая 116
 Фольгоизол 116
 Фундаменты на естественном основании 152
 — на искусственном основании 155
 — защита 157

Ш

Шлакобетон 151
 Шунгизитобетон 151

Э

Электродвигатели 220
 Электронагреватели для обогрева грунта 221
 Электрооборудование 217
 Эмульсии битумные 115
 Электроснабжение 208
 — питающие линии 213
 — схемы 211
 Энтальпия пищевых продуктов 27

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. Проектирование холодильников

Проектирование холодильников обычного типа (наземных) — *инж. В. В. Васютович, инж. И. М. Гиндлин* 3

Исходные данные 3

Стадии проектирования 4

Типы и емкость холодильников 5

Объемно-планировочные решения зданий холодильников 7

Распределительные холодильники 8

Фабрики мороженого 11

Производственные холодильники 12

Определение тепловых нагрузок на холодильное оборудование 22

Способы охлаждения и расчет оборудования холодильных камер 30

Батарейное охлаждение 30

Воздушное охлаждение 30

Расчет и подбор приборов охлаждения камер 41

Расчет циркулирующего воздуха в камерах и выбор способа его распределения 44

Расчет и подбор увлажнительных устройств 45

Планировки машинных отделений холодильников 46

Расчет и подбор оборудования машинных отделений 50

Компрессоры 50

Конденсаторы 51

Испарители 53

Вспомогательные аппараты аммиачных холодильных установок 54

Насосы 55

Проектирование подземных холодильников (*канд. техн. наук А. Ф. Зильберборд, инж. В. Я. Янюк*) 57

Требования к горным выработкам 58

Принципиальные варианты размещения подземных холодильников 58

Объемно-планировочные и конструктивные решения 60

Калорические и геотеплофизические расчеты 63

Средства охлаждения подземных холодильников 68

Список использованной литературы 69

Глава II. Проектирование систем охлаждения холодильников и их автоматизация (*инж. И. М. Гиндлин, инж. В. В. Васютович, инж. М. Е. Лурье*) 70

Системы охлаждения распределительных холодильников 70

Системы охлаждения производственных холодильников 76

Системы охлаждения холодильников мясокомбинатов и мясоперерабатывающих заводов 76

Системы охлаждения холодильников молочных заводов 79

Трубопроводы 79

Выбор типа и материала трубопроводов 79

Определение сечений трубопроводов 80

Вибрация трубопроводов 92

Системы автоматизации 94

Автоматизация испарительных систем 94

Автоматизация компрессоров и компрессорных агрегатов 104

Автоматизация конденсаторной группы 104

Автоматизация оттаивания воздухоохладителей 106

Измерение рабочих параметров и автоматическая сигнализация 108

Выбор и компоновка приборов и средств автоматизации 110

Список использованной литературы 110

Глава III. Изоляция и изоляционные конструкции холодильников (*канд. техн. наук Н. Т. Кудряшов, канд. техн. наук И. Ф. Душин, инж. Б. В. Лифанов*) 111

Теплоизоляционные материалы 111

Требования к теплоизоляционным материалам 111

Натуральная пробка 111

Гидрофобные торфоплиты 111

Жесткие минераловатные плиты (минеральная пробка) 111

Ячеистые бетоны 113

Пеностекло 113

Асбовермикулитовые изделия 113

Перлит-асбобитумные плиты 113

Мипора 113

Поливинилхлоридные пенопласты 113

Пенополистирол ПСВ и ПСВ-С 113

Пенополиуретан 114

Фенольно-резольные пенопласты . . .	114	Требования к конструкциям зданий хо-	
Паро- и гидроизоляционные материалы	114	лодильников	151
Требования к паро- и гидроизоляцион-		Основные конструкционные материалы	151
ным материалам	114	Основания и фундаменты зданий холо-	
Битумосодержащие паро- и гидроизоля-		дильников	152
ционные композиции	114	Несущие конструкции	157
Безосновные рулонные материалы . . .	115	Покрытия, полы, кровля	168
Основные рулонные материалы . . .	115	Изоляционные двери	170
Рулонные полимерные пленочные и		Конструкции лифтовых шахт, лестничных	
фольговые гидроизоляционные матери-		клеток и вестибюлей	171
алы	116	Фундаменты под оборудование и подвес-	
Физико-технические показатели тепло- и		ные пути	173
гидроизоляционных материалов и методы		Конструкции зданий подсобных и адми-	
их определения	116	нистративно-бытовых помещений . .	173
Плотность, объемная масса и порис-		Список использованной литературы . .	174
тость	116	Глава V. Водоохлаждающие устройства	
Температуропроводность, теплоемкость,		(<i>д-р техн. наук, проф. А. А. Гоголин,</i>	
теплоусвоение, теплопроводность . . .	117	<i>инж. А. А. Кузнецова</i>)	175
Паро- и воздухопроницаемость . . .	118	Брызгальные бассейны	175
Влажность	118	Открытые градирни	175
Водопоглощение, гигроскопичность и		Брызгальные градирни	175
влажностепроводность	121	Капельные градирни	176
Морозостойкость и механическая проч-		Вентиляторные градирни	178
ность	122	Градирни типа ГПВ конструкции	
Изоляционные конструкции ограждений	123	ВНИХИ	178
Основные положения проектирования		Градирни конструкции Союзводоканал-	
изоляционных конструкций	123	проекта	180
Расчеты изоляционных конструкций и		Поверхностные водоохладители . . .	190
ограждений	124	Размещение водоохлаждающих уст-	
Сопrotивление паропрооницанию . . .	125	ройств	190
Изоляция тепловых мостиков	128	Тепло- и массообмен в водоохлажда-	
Изоляция пристенных участков полов,		ющих устройствах	192
лежащих на грунте	129	Тепловой и влажностный балансы . .	192
Изоляция холодильных трубопроводов .	129	Уравнения тепло- и массообмена . .	192
Определение минимальной толщины		Гидравлические характеристики водо-	
изоляции	131	охлаждающих устройств	196
Определение теплопритока через изо-		Методика расчета водоохлаждающих	
ляцию	131	устройств	196
Изоляционные элементы для трубо-		Расчет брызгальных бассейнов . . .	196
проводов	132	Расчет открытых градирен	197
Изоляционные конструкции холодиль-		Расчет вентиляторной градирни . .	197
ных трубопроводов	132	Расчет совместной работы градирни с	
Производство изоляционных работ . . .	133	конденсаторами	202
Пароизоляционные работы	133	Обслуживание водоохлаждающих уст-	
Теплоизоляционные работы	136	ройств	205
Эксплуатация и ремонт изолированных		Список использованной литературы . .	207
ограждений холодильников	141	Глава VI. Электроснабжение, электро-	
Эксплуатация изоляции холодильни-		оборудование, связь (<i>инж. А. В. Карпов</i>)	208
ков	141	Электроснабжение	208
Ремонт изоляции холодильников . . .	142	Условия присоединения предприятия к	
Замена изоляционных конструкций . .	143	энергосистеме	208
Обогрев грунта под холодильниками .	143		
Выбор системы обогрева	143		
Обогрев жидкостью	144		
Вентилируемое подполье	147		
Воздушно-электрический обогрев . . .	149		
Список использованной литературы . . .	149		
Глава IV. Строительные конструкции			
холодильников (<i>инж. В. А. Файнштейн</i>)	151		

Характеристика потребителей электроэнергии по степени надежности электроснабжения	208	<i>Глава VII. Экономика холодильного хозяйства СССР (канд. экон. наук М. М. Позин)</i>	227
Классификация помещений по степени опасности	208	Холодильное хозяйство в общей системе народного хозяйства	227
Схемы электроснабжения	211	Развитие холодильного хозяйства	228
Питающие линии	212	Отраслевая структура холодильного хозяйства	229
Распределительные пункты	214	Концентрация, специализация, кооперирование и комбинирование в холодильном хозяйстве	231
Трансформаторные подстанции	214	Основные фонды холодильных предприятий	233
Электрические сети	215	Показатели планирования производственной деятельности холодильников	235
Определение электрических нагрузок	215	Калькулирование себестоимости приведенного грузооборота	236
Конденсаторы для компенсации реактивной мощности	217	Калькулирование себестоимости холода	236
Приборы учета энергии и измерения	217	Холодильные установки в торговле, общественном питании и быту	237
Электрооборудование	217	Производство замороженных пищевых продуктов	237
Защита электрооборудования от внешних воздействий взрыво- и пожароопасности	217	Производство мороженого	237
Системы и средства освещения	218	Производство сухого льда	242
Электродвигатели и пусковые аппараты	220	Производство водного льда	242
Электронагреватели для обогрева грунта	221	Определение емкости холодильничков	243
Устройства молниезащиты и заземлений	224	Приложения	248
Связь и сигнализация	225	Предметный указатель	251
Телефонная связь	225		
Электрочасовая сеть	225		
Тревожная сигнализация	225		
Радиофикация	225		
Список использованной литературы	226		

*Витольд Васильевич Васютрович
Исай Матвеевич Гиндлин
Анатолий Аркадьевич Гоголин
Иван Федорович Душин
Анатолий Феликсович Зильберборд
Алексей Владимирович Карпов
Николай Тимофеевич Кудряшов
Анастасия Александровна Кузнецова
Борис Васильевич Лифанов
Михаил Евсеевич Лурье
Марк Маркович Позин
Валентин Александрович Файнштейн
Владимир Яковлевич Янюк*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ХОЛОДИЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Редактор А. Л. Зельдис
Художник Н. В. Гусев

Художественный редактор С. Р. Нак
Технический редактор Л. И. Кувыркина
Корректоры М. А. Шегал,
З. В. Коршунова

ИБ № 834

Сдано в набор 28.11.77. Подписано в печать 18.05.78. Т—09921. Формат 70×90¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Литературная гарнитура. Высокая печать. Объем 16 печ. л. Усл. п. л. 18,72. Уч-изд. л. 25,33 Тираж 19.000 экз. Заказ 3619. Цена 1 р. 80 к.

Издательство «Пищевая промышленность»
113035, Москва, М-35, 1-й Кадашевский пер.,
д. 12.

Московская типография № 8
Союзполиграфпрома
при Государственном комитете
Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и
книжной торговли,
Хохловский пер., 7.