	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»	Методические указания
		Б1.В.04 Теоретические основы теплотехники

Кафедра теплоэнергетики и физики

Б1.В.04 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
 к выполнению курсовой работы на тему
 «Расчет холодильной установки»

Направление подготовки
 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки
 Энергообеспечение предприятий

Квалификация (степень) выпускника
 бакалавр

Уфа 2022

Методические указания разработал канд. техн. наук, Махиянов У.А.

Рекомендовано к печати кафедрой «Теплоэнергетика и физика» (протокол № 8 от «24» марта 2022 г.) и методической комиссией энергетического факультета (протокол № 7 от «24» марта 2022 г.).

Ответственный за выпуск: и.о. зав. кафедрой, канд. техн. наук Харисов Д.Д.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЦЕЛЬ РАБОТЫ	5
I ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КУРСОВОЙ РАБОТЕ	6
1.1 Исходные данные	6
1.2 Последовательность выполнения курсовой работы	6
1.3 Основные требования к содержанию курсовой работы	6
1.4 Требования к оформлению пояснительной записки курсовой работы	7
1.5 Требования к оформлению графической части курсовой работы	10
1.6 Подготовка к защите и защита курсовой работы	11
II МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	13
1.1 Выбор расчетных параметров.	13
1.2 Краткое описание строительных конструкций холодильника	14
1.3 Расчет строительных площадей потребителей холода	15
1.4 Планировка охлаждаемых помещений	19
1.5 Расчет толщины тепловой изоляции строительных конструкций охлаждаемых помещений	22
1.6 Тепловой расчет потребителей холода	23
1.7 Выбор расчетного рабочего режима	30
1.8 Выбор схемы холодильной установки	32
1.9 Тепловой расчет и подбор компрессоров	32
1.10 Тепловой расчет и подбор основных теплообменных аппаратов	37
1.11 Расчет и подбор вспомогательных аппаратов	42
1.12 Описание схемы холодильной установки	47
2. Мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и охране окружающей среды	47
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ	51
ПРИЛОЖЕНИЯ	54

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа «Расчет холодильной установки» выполняется студентами всех форм обучения направления 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника по профилю Энергообеспечение предприятий. В ней в сокращённом объёме решаются основные вопросы холодоснабжения промышленных холодильников, такие как выбор конструкции стен и перекрытий, тепловой расчет потребителей холода, производится выбор и расчет холодильной установки, расчет и подбор вспомогательных аппаратов. В процессе выполнения работы студент получает навыки практического применения теоретических знаний и решения комплексных инженерных задач холодоснабжения.

В данных методических указаниях излагается порядок определения исходных данных, необходимых для выполнения курсовой работы, разъясняются требования по содержанию, составу, объёму и оформлению работы, приводится необходимая литература.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является закрепить, углубить и обобщить теоретический материал, привить студенту навыки проведения расчетов, выработать умение правильного выбора холодильного оборудования, следовать рекомендациям по выполнению работы с использованием справочных данных, номограмм и технической литературы. Выполнение курсовой работы позволит подготовить обучающегося к самостоятельности в решении практических задач.

Задачей курсовой работы является обучение студентов основам проектирования холодильников различного назначения.

I ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КУРСОВОЙ РАБОТЕ

1.1 Исходные данные

Курсовая работа выполняется в соответствии с заданием, составленным и подписанным руководителем. К заданию прилагается план объекта холодоснабжения.

В работе предусматривается расчет системы холодоснабжения, источником холода является холодильная установка.

В задании на курсовую работу приведены следующие исходные данные: объем либо площадь охлаждаемого помещения, район расположения, температурный режим, вид рассола.

Остальные исходные данные, необходимые для решения отдельных частных вопросов курсовой работы, студент принимает сам по нормативной или справочной литературе, руководствуясь основными исходными данными.

1.2 Последовательность выполнения курсовой работы

- 1) Получить задание на курсовую работу.
- 2) Подобрать соответствующую нормативную, законодательную, учебную литературу.
- 3) Сделать обзор, обобщение и анализ литературы.
- 4) Провести необходимые технологические расчеты, подготовить практический цифровой материал.
- 5) Логически последовательно распределить материал по содержанию работы.
- 6) Сделать аналитические выводы, с указанием причин, факторов, дать оценку.
- 7) Оформить курсовую работу в соответствии с требованиями методических указаний по оформлению и написанию курсовой работы.
- 8) Сдать курсовую работу на проверку.
- 9) Познакомиться с рецензией.
- 10) Провести доработку по замечаниям, подготовиться к ответам по указанным замечаниям.
- 11) Подготовить доклад на защиту курсовой работы.

1.3 Основные требования к содержанию курсовой работы

Курсовая работа должна быть выполнена по актуальной теме. Актуальность темы и основные цели работы должны быть аргументированы самим студентом во введении.

Курсовая работа студента должна быть выполнена студентом самостоятельно со ссылками на используемую литературу и другие источники.

Содержание работы и уровень его исполнения должны удовлетворять современным требованиям по получаемой специальности и степень этого

соответствия отмечается в рецензии преподавателем.

Результатом выполнения работы является достижение сформулированных во введении целей и задач.

1.4 Требования к оформлению пояснительной записки курсовой работы

Структурными элементами курсовой работы являются:

- 1) титульный лист;
- 2) задание на выполнение курсовой работы;
- 3) содержание;
- 4) введение;
- 5) основная часть;
- 6) список использованных источников;
- 7) графическая часть.

Во введении приводятся обоснование актуальности работы, цель и задачи работы, а также исходные принципы их решения.

Основное содержание работы включает:

- обзор библиографических источников информации (или данные изыскательских работ);
- результаты расчетов и экспериментальных исследований с обобщением полученного материала (данных);
- технико-экономическую оценку разработанных мероприятий;
- анализ выполненной работы с позиций охраны здоровья, безопасности и экологичности.

Обзор библиографических источников (данные изыскательских работ) должен завершаться обобщающими выводами и формулировкой задач последующих исследований, расчетов и анализа.

Исходя из развития цели работы, определяются задачи. Это обычно делается в форме перечисления (проанализировать..., разработать..., обобщить..., выявить..., и т.д.). Формулировки задач необходимо делать более точными, поскольку описание их решения должно составить содержание курсовой работы.

В структуре основной части должны быть выделены разделы (1, 2, 3), а в их составе - подразделы (1.1, 1.2, 1.3,..., 2.1, 2.2 и т.п.). Названия разделов и подразделов должны быть сформулированы кратко и отражать их содержание.

В основной части, в зависимости от ее цели и задачи, может быть сделан обзор состояния исследуемого вопроса; сформулированы направления и проблемы его дальнейшего решения, осуществлен анализ исходной и расчетной информации.

Библиографический список должен содержать перечень всех источников, использованных при выполнении работы. При использовании в тексте выдержек из того или иного источника, цитат или мнений специалистов, а также цифрового материала, в тексте делается ссылка на источник информации.

Работа должна быть отпечатана на бумаге формата А4 (297x210 мм). Оптимальный объем курсовой работы – 30...40 с.

Текст пояснительной записки ВКР, расчетно-графической или иной работы и отчетов проектно-расчетного или инженерно-технического характера, как и других документов, подчиняющихся требованиям ЕСКД, заключается в рамки (приложение Ж) и оформляются в соответствии с требованиями ЕСКД.

При печати текста следует применять шрифт Times New Roman, размер 14 со строками через 1,5 интервала. Для таблиц и приложений допускается применять шрифт Times New Roman, размер 12 со строками через 1,0 интервал.

Текст пояснительной записки следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: левое - 27 мм, правое - 11 мм, верхнее – 18 мм и нижнее - 27 мм. Рамку формы следует вставлять в колонтитулах.

Текст пояснительной записки должен быть напечатан с использованием средств оргтехники, без помарок и исправлений. Если текст пишется от руки, то он должен быть написан разборчиво и аккуратно.

Абзацы в тексте начинают стандартным отступом от левого поля страницы (1,25- 1,27 см).

Заголовки разделов печатаются прописными буквами посередине листа через два интервала от предыдущей и последующей строк и выделяются жирным шрифтом. Переносы слов в заголовке раздела не допускаются, точка в конце не ставится.

Опечатки, описки и графические неточности допускается исправлять только пастой черного цвета.

Ссылки в тексте оформляют следующим образом:

- на использованный источник информации: указывается порядковый номер источника по библиографическому списку, который приводится в квадратных скобках [5];
- на иллюстрацию: указывается порядковый номер иллюстрации, слово «рисунок» не сокращается, например, «на рисунке 1.2»;
- на формулы: указывается порядковый номер формулы в скобках, например, «по формуле (2.1)»;
- на таблицу: не сокращая слово «таблица», например, «в таблице 4.1».
- на приложение: слово «приложение» в ссылках не сокращается, так же как и слово «формула». Например, «в приложении В»;
- на таблицу или страницу, из источников, указанных в библиографическом списке, ссылку приводят в круглых скобках (с обязательным последующим пояснением выбора) следующим образом: «принимая $B=1000 \text{ Н/м}$ (таблица 2.6 [10]) для крупнозернистого бетона».

Подстрочные примечания в тексте на листах с рамками не выполняются!

Если используется или цитируется источник, не указанный в библиографическом списке – то для технических профилей это может быть только нормативный источник.

Заголовки подразделов печатаются посередине листа через один интервал от предыдущей (кроме заголовка раздела) и последующей строк, выделяются жирным шрифтом. Первая буква заголовка - заглавная, далее - строчные. Переносы слов в заголовке подраздела допускаются, точка в конце не ставится.

Заголовки пунктов (например, 1.1.1) печатаются на отдельной строке с абзацного отступа, обычным шрифтом, без отступов от предыдущей и

последующей строк. Первая буква заголовка пункта - заглавная, далее - строчные. Переносы слов в заголовке пункта допускаются, точка в конце не ставится. Заголовки разделов, подразделов и пунктов не подчеркиваются.

Если внутри текста встречаются перечисления, выделенные в отдельные строки с отступом, то они обозначаются дефисом (-), а при необходимости последующих ссылок буквами а), б), в) . . . и т.д. или арабскими цифрами со скобкой 1), 2). Текст в последнем случае пишется с заглавной буквы.

В расчётно-пояснительной записке приводятся все расчёты и формулы с объяснением входящих в них величин. У всех размерных величин указываются единицы измерения. Все таблицы в расчётно-пояснительной записки должны иметь порядковые номера и названия. Все схемы и графики должны иметь порядковые номера и названия. Нумерация их ведётся отдельно от таблиц.

Для написания формул, как правило, используются буквы греческого и латинского алфавитов в соответствии с обозначениями, принятыми в данной отрасли науки (см. п.п. 4.1. и 4.2).

Ссылки на источники, откуда взята формула, приводятся только в предшествующем формуле тексте.

Значения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу и не поясненных в предыдущем тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой.

После формулы ставится запятая. Нумерация формулы приводится после нее в круглых скобках вблизи правой границы текста. Первая строка расшифровки символов должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него, а следом приводится первый символ. Значение каждого последующего символа дается с новой строки (символы пишутся друг под другом) в том порядке, в каком они приведены в формуле, каждый из них отделяется от предшествующего точкой с запятой.

Наименование размерностей указывается обычным способом только после цифровых данных. Например, «8 кг», «12 с» и т. п. После буквенных обозначений их можно указать или в квадратных скобках, или через предлог «в», а после пояснений - через запятую.

Страницы работы нумеруются арабскими цифрами на верхнем поле в середине или в правом углу. В пояснительных записках к ВКР, подчиняющимся требованиям ЕСКД (см. п. 6.1), номера страниц проставляются в штампе. После цифры, обозначающей номер страницы, точку не ставят. Отсчет страниц начинается с титульного листа.

Титульный лист - это первая страница рукописи. На титульном листе и страницах с заданием номера страниц не ставятся. Номера ставятся на последующих страницах, как правило, начиная с третьей и далее по порядку.

Сквозные номера разделов основного содержания проставляются арабскими цифрами. Нумерация подразделов осуществляется только в пределах раздела. Номер подраздела состоит из порядкового номера раздела (первая цифра в обозначении) и порядкового номера подраздела (вторая цифра в обозначении).

Перед заголовками таких структурных составляющих работы, как введение, заключение, выводы, библиографический список, приложения,

порядковый номер не ставится.

Иллюстрации: таблицы и рисунки (фотографии, схемы, графики, диаграммы и др.), расположенные на отдельных страницах рукописи, включаются в общую нумерацию страниц работы. Листы форматом более А4 можно помещать в конце работы в порядке упоминания их в тексте. Они должны быть сфальцованы по формату А4.

Такие иллюстрации, как диаграммы, схемы, графики, фотографии обозначают словом «Рисунок», расположенным внизу, а таблицы обозначают сверху словом «Таблица».

Формулам, рисункам и таблицам присваивают сквозные номера, а при больших объемах рукописи допускается нумерация в пределах раздела. Например, «Рисунок 1.1 – Детали прибора», «Таблица 2.3 – Показатели прибора». Первая цифра обозначает порядковый номер раздела, а вторая – порядковый номер внутри этого раздела.

Номера подразделов при нумерации формул, рисунков и таблиц не проставляются и в цифровой шифр не входят.

1.5 Требования к оформлению графической части курсовой работы

Чертежи выполняются в соответствии с требованиями стандартов единой конструкторской документации на чертёжной бумаге формата А2.

Графическая часть состоит из двух листов: на одном представляется план и разрезы холодильника, на другом схема холодильной установки. Выполняется принципиальная (полная) схема холодильной установки, определяющая полный состав элементов и связей между ними.

На каждом листе должна быть рамка. В правом нижнем углу располагают основную надпись.

В графе 1 указывают тему курсовой работы в именительном падеже (например: «Холодильник распределительный емкостью 1500 т»), а в графе 2 – название чертежа также в именительном падеже (например: «Схема холодильной установки»).

Планы и разрезы холодильников выполняют в масштабах 1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 40; 1 : 50; 1 : 75; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 400 по ГОСТ 2.302 – 68. Масштаб указывают в графе 6 основной надписи. Если на чертеже имеются виды, выполненные в другом масштабе, то у каждого такого вида должен быть указан масштаб, относящийся к этому виду. В графе 6 основной надписи масштаб указывают по типу 1 : 100, в остальных случаях – по типу М 1: 10.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба. Элементы и устройства изображают в виде условных графических обозначений. На трубопроводах указывают направление движения среды. Трубопроводы различного назначения обозначают цифрами или линиями различного начертания с обязательной расшифровкой на полях схемы. По действующему стандарту в холодильной установке трубопроводы имеют следующие номера: 1 – вода, 11 – аммиак, 14 – масло, 18 – фреоны. Для теплоносителей номер не определен, проектные организации обозначают трубопроводы для теплоносителей номером 28. Для того чтобы разлить трубопроводы, по которым движется хладагент различного

состояния, около цифры помещают букву *ж* или *г* для обозначения соответственно жидкостного трубопровода или трубопровода, по которому движется газообразный хладагент. Можно применять и другие обозначения, например, для оттаивательных трубопроводов, дренажных и др. (Приложение 4)

Элементы и устройства нумеруют по порядку, начиная с единицы, по направлению потока рабочей среды. Номера проставляют на полках линий – выносок. Пронумерованные элементы записывают в перечень элементов в виде таблицы, заполняемой сверху вниз. Перечень элементов располагают над основной надписью, а при отсутствии места над ней — слева. В перечне элементов имеются следующие графы (в скобках указаны размеры граф): первая графа – порядковый номер (20 мм), вторая графа – обозначение (50 мм), третья графа – наименование (70 мм), четвертая графа – количество (10 мм), пятая графа – примечание (остальное 35 мм).

Схемы холодильных установок необходимо выполнять плоскими.

1.6 Подготовка к защите и защита курсовой работы

К защите курсовая работа допускается преподавателем после подготовки им письменной рецензии. В рецензии отмечают актуальность темы, степень решенности поставленных задач, умение студента пользоваться литературными источниками, возможность использования полученных результатов на практике, уровень исполнения и оценка по трехбалльной системе: «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Студент предварительно знакомится с содержанием рецензии и готовит доклад. В процессе защиты студент должен ответить на замечания, отмеченные в рецензии руководителя, а также на вопросы комиссии. При ответах на вопросы в процессе защиты студент может использовать текст курсового проекта.

В докладе рекомендуется отметить:

- чем студент руководствовался при исследовании темы;
- что является предметом исследования и проектирования;
- какие методы использованы при изучении рассматриваемой проблемы и проектировании;
- что является предметом защиты;
- какие новые результаты достигнуты в ходе исследования и проектирования;
- каковы основные выводы.

Такова общая схема доклада, более конкретно его содержание определяется студентом совместно с научным руководителем. Краткий доклад должен быть подготовлен письменно, но выступать на защите следует, не зачитывая текст.

Цифровые данные в докладе приводятся только в том случае, если они необходимы для доказательства или иллюстрации того или иного вывода.

Доклад должен: быть кратким, содержательным и точным; содержать обоснованные и лаконичные формулировки; включать выводы и предложения.

При окончательной оценке курсовой работы учитывается его содержание, рецензия и оценка руководителя, результаты защиты. При положительной оценке работы выставляется оценка «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично». Оценка регистрируется в ведомости, аналогичной по форме экзаменационной ведомости и вносится в зачетную книжку студента.

II МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Расчетно-пояснительная записка состоит из следующих разделов: Введение

1. Специальная часть
 - 1.1. Выбор расчетных параметров.
 - 1.2. Краткое описание строительных конструкций холодильника
 - 1.3. Расчет строительных площадей потребителей холода
 - 1.4. Планировка охлаждаемых помещений
 - 1.5. Расчет толщины тепловой изоляции строительных конструкций охлаждаемых помещений
 - 1.6. Тепловой расчет потребителей холода
 - 1.7. Выбор расчетного рабочего режима
 - 1.8. Выбор схемы холодильной установки
 - 1.9. Тепловой расчет и подбор компрессоров
 - 1.10. Тепловой расчет и подбор основных теплообменных аппаратов
 - 1.11. Расчет и подбор вспомогательных аппаратов
 - 1.12. Описание схемы холодильной установки
 2. Мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и охране окружающей среды
- Список использованной литературы

Введение

Дается краткое освещение проблемы по заданному типу холодильника, а также основные направления научно-технического процесса в холодильном хозяйстве страны.

1. Специальная часть

1.1 Выбор расчетных параметров

Для выбора нормативного коэффициента теплопередачи ограждения холодильника необходимо знать, в какой климатической зоне расположен холодильник РФ. Климатическую зону определяют по среднегодовой температуре. Территория РФ делится на три климатических зоны:

- южную со среднегодовой температурой наружного воздуха 7°C и выше;

- среднюю со среднегодовой температурой наружного воздуха выше (-2°C) и ниже 7°C ;

- северную со среднегодовой температурой наружного воздуха (-2°C) и ниже.

Наибольшие теплопритоки наблюдаются в самое жаркое время года, что и определяет выбор летней расчетной температуры наружного воздуха.

В приложение 5 приводятся значения среднегодовых, расчетных наружных температур и относительных влажностей воздуха для ряда городов России.

Расчетные данные внутреннего воздуха, температур поступающего и выходящего продуктов, а также продолжительности холодильной обработки для камер различного типа холодильников принимают по приложению 6.

На холодильниках имеются камеры хранения охлажденных продуктов с температурами воздуха от -2°C до $+4^{\circ}\text{C}$; камеры хранения мороженных продуктов с температурами воздуха от -25°C до -18°C ; камеры и аппараты холодильной обработки продуктов с температурами воздуха $-1\ldots-3^{\circ}\text{C}$ для охлаждения продуктов и $-30\ldots-35^{\circ}\text{C}$ для замораживания.

В настоящее время сформировалась тенденция хранения мороженных продуктов при максимально низких температурах (-25°C), что обеспечивает более длительный срок хранения при сохранности всех пищевых качеств продуктов.

Вспомогательные помещения на холодильниках не охлаждают (тамбуры, вестибюли и коридоры). Температура воздуха в смежных отапливаемых помещениях (производственные цехи, компрессорный цех, бытовые помещения и т.п.) может быть условно принята на $4\ldots5^{\circ}\text{C}$ ниже летней расчетной температуры для данной местности.

Температуру воздуха в смежных неохлаждаемых помещениях предприятий торговли и общественного питания принимают: 28°C – для южной зоны, 24°C – для средней зоны и 20°C – для северной зоны; в тамбурах и вестибюлях соответственно – 14 , 12 и 10°C .

1.2 Краткое описание строительных конструкций холодильника

Проводится краткое описание заданного холодильника, его назначение, обоснование этажности с указанием достоинств и недостатков.

Холодильник – это промышленное сооружение или устройство, предназначенное для охлаждения, замораживания и хранения скоропортящейся продукции или иных грузов при требуемых температурно-влажностных режимах.

По назначению различают холодильники производственные, распределительные, портовые, базисные, торговые, транспортные, бытовые и специального назначения.

Производственные холодильники. Их строят при пищевых предприятиях, перерабатывающих скоропортящиеся продукты. Такие холодильники служат для первичной тепловой обработки и кратковременного хранения сырья и продуктов производства этих предприятий. Производственные холодильники имеют сравнительно мощное холодильное оборудование, так как из-за наличия охлаждающих и замораживающих устройств требуется значительный расход

холода. Работа холодильников этого типа характеризуется неравномерностью (часто значительной), связанной с сезонностью заготовки пищевых продуктов.

Холодильники данного типа могут быть самостоятельным предприятием в месте заготовки (например, заготовительным птицы) или цехом какого-либо пищевого предприятия (рыбокомбината, мясокомбината, молочного комбината).

Распределительные холодильники. Их строят в городах и промышленных центрах. Такие холодильники предназначены для круглогодичного снабжения населения скоропортящимися продуктами. На распределительные холодильники грузы поступают с производственных холодильников. Грузы, оттепившиеся в пути, доохлаждаются и замораживаются в камерах распределительных холодильников. Если на одной территории с холодильными складами размещены другие производства, потребляющие холод (например, льдозавод, фабрика мороженого и т. п.), то предприятие называют хладокомбинатом.

Подбирается необходимая сетка колонн, высота холодильника. Размещение груза по камерам.

Сетку колонн для одноэтажных холодильников малой вместимости принимают 6х6х12м, для средней и крупной вместимости – 6х12, 6х18и6х24, а для многоэтажных холодильников – 6 х 6 м.

1.3 Расчет строительных площадей потребителей холода

Исходными данными для расчета вместимости холодильника, является заданная вместимость распределительных холодильников. Структура вместимости охлаждаемых помещений распределительного холодильника дана в прил. 7.

Для производственных холодильников исходной величиной является суточная (или сменная) производительности по виду обрабатываемого продукта.

Вместимость холодильника при мясокомбинате складывается из вместимости камер хранения мороженных грузов и камер хранения охлажденных грузов.

Температурный режим принимают: –20 °С для камер хранения мороженого мяса и мясопродуктов, от 0 до –2 °С для камер хранения охлажденного мяса, –2 °С для камер одностадийного охлаждения, –35 °С для камер однофазного замораживания.

Вместимость производственного холодильника при мясокомбинате равна:

$$V_x = V_{\text{кам. хр. мор. гр.}} + V_{\text{кам. хр. охл. гр.}} \quad (2.1)$$

Суточная производительность его по мясу :

$$M_{\text{сут}} = 2M_{\text{см}} \quad (2.2)$$

Общую производительность камер замораживания и охлаждения мяса принимаем равной 50 % суточной производительности мясокомбината:

$$M_{\text{зам}}=0,5M_{\text{сут}} \quad (2.3)$$

$$M_{\text{ост}}=0,5M_{\text{сут}} \quad (2.4)$$

Производительность по субпродуктам:

$$M_{\text{с.пр.}}=0,1M_{\text{сут}} \quad (2.5)$$

Производительность по жиру:

$$M_{\text{ж.}}=0,07M_{\text{сут}} \quad (2.6)$$

Вместимость камер хранения мороженого мяса принимаем из условия размещения 20-суточного поступления мяса из цеха убоя скота и разделки туш:

$$V_{\text{м.мор}}=20M_{\text{сут}} \quad (2.7)$$

Вместимость камер хранения охлажденного мяса составляет величину, определяемую созданием 2-суточного поступления мяса из цеха убоя скота и разделки туш

$$V_{\text{м.охл}}=2 M_{\text{ост}} \quad (2.8)$$

Вместимость камеры хранения мороженных субпродуктов (20-суточный запас).

$$V_{\text{м.с.пр}}=20M_{\text{с.пр}}$$

Вместимость камеры хранения жира в бочках (15-суточный запас)

$$V_{\text{ж.}}=15M_{\text{ж.}} \quad (2.9)$$

Вместимость камер замораживания мяса, если цикл работы их составляет сутки, $V_{\text{зам}}=M_{\text{зам}}$

$$V_{\text{зам}}=M_{\text{зам}}\tau_{\text{ц}}/24, \quad (2.10)$$

Продолжительность цикла работы остывочных также принимаем равной $\tau_{\text{ц}}=24\text{ч}$ (продолжительность холодильной обработки $\tau_{\text{ц}} = 16... 18 \text{ ч}$). Тогда

$$V_{\text{ост}}=M_{\text{ост}}\tau_{\text{ц}}/24 \quad (2.11)$$

При проектировании *молочного комбината* задаем мощность по переработке молока в смену. Работа комбината двух сменная (2.2). В задании указывается ассортимент продукции, сроки хранения, процентное содержание по молоку, температурный режим в камерах. В камерах хранения мороженой продукции принимаем $t_{\text{в03}}=-20^{\circ}\text{C}$; в камерах замораживания $t_{\text{в03}}=-30^{\circ}\text{C}$; в камерах

закаливания хранения мороженого $t_{\text{воз}} = -25^{\circ}\text{C}$; камера созревания и хранения сыра $t_{\text{воз}} = 10^{\circ}\text{C}$.

Нормы выработки:

- на 1 т масла – 20 т молока;
- на 1 т творога – 7 т молока;
- на 1 т сыра – 10 т молока.

Производим расчет вместимости для всех камер хранения выпускаемой продукции

$$V_{\text{хр}} = M_{\text{сут}} \tau, \quad (2.12)$$

где τ – срок хранения продуктов, в днях.

Вместимость *рыбных холодильников* определяют исходя из 20...30-дневного хранения мороженой рыбы в камерах холодильника, а производительность камер замораживания или морозильных аппаратов – по максимальному суточному поступлению рыбы в период наибольшего лова.

Вместимость холодильников при рыбообрабатывающих предприятиях определяется производительностью рыбозавода. Для предприятий средней мощности принимают вместимость холодильника 1500...2000 т. На эти холодильники поступает преимущественно мороженная рыба, поэтому камеры замораживания на них либо вообще не предусматривают, либо предусматривают камеры производительностью не более 1 % от вместимости камер хранения. В камерах хранения мороженой рыбы принимают температуру воздуха -25°C , в камерах хранения соленой продукции – $0...-8^{\circ}\text{C}$.

Холодильники для фруктов предназначены для длительного хранения фруктов и винограда поздних сортов созревания, а также для краткосрочного хранения фруктов, винограда и ягод ранних сроков созревания. Фрукты хранят в специальных ящичных поддонах, деревянных ящиках и контейнерах. Вместимость специализированных холодильников для фруктов определяют также из расчета 0,35 т продукции на 1 м^3 грузового объема; при этом камеры предварительного охлаждения учитывают как камеры хранения. Иногда в проектах приводят условную вместимость холодильников для фруктов по основному виду хранимой продукции с учетом принятого способа размещения грузовых штабелей (вместимость по яблокам, винограду и т. п.). В холодильниках вместимостью 2000 т и более для хранения фруктов в регулируемой газовой среде отводят 20...30 % общей вместимости. Не допускается совместное хранение в одной камере холодильника винограда и фруктов, а также разных видов фруктов, обладающих ярко выраженным ароматом. Во фруктохранилищах вместимостью 2000 т и более предусматривают цех товарной обработки площадью

20... 30 % площади камер, где сортируют и упаковывают фрукты, виноград и ягоды. При отсутствии такого помещения в период отгрузки необходимо выделить одну из камер, в которой поддерживают температуру $2...6^{\circ}\text{C}$ при подготовке партии продуктов к отправке на распределительные холодильники и $10...20^{\circ}\text{C}$ при отгрузке в торговую сеть. Дозревание некоторых плодов (груши)

и овощей (томаты) проводят в специальном помещении при 18...20 °С в течение 3...7 дней.

На основании принятой схемы технологических процессов определяют вместимость; ориентировочное число камер различного назначения; виды, размещение грузов, их плотность, которая определяется нормой загрузки единицы объема с учетом тары $g_v(\text{т/м}^3)$ (Прил. 8).

Пользуясь нормой загрузки, определяем грузовой объем:

$$V_{\text{гр.}} = B/g_v \quad (2.13)$$

Определяем грузовую площадь:

$$F_{\text{гр.}} = V_{\text{гр.}}/h_{\text{г}}, \quad (2.14)$$

где $h_{\text{г}}$ - грузовая высота, под которой понимают высоту штабеля, м.

Определяем строительную площадь камер:

$$F_{\text{стр}} = F_{\text{гр.}}/\beta_F \quad (2.15)$$

Коэффициент использования площади камеры β_F зависит от размеров помещения: чем больше помещение, тем относительно лучше оно может быть загружено.

Площадь помещения, м^2 Коэффициент использования
площади камеры, β_F

До 1000,65

От 100 до 400 0,7...0,75

Свыше 400 0,8...0,85

Площадь камеры всегда должна быть кратной целому числу строительных прямоугольников, образованных сеткой колонн:

$$n = F_{\text{стр}}/f_{\text{пр}}, \quad (2.16)$$

где n – число строительных прямоугольников; $f_{\text{пр}}$ – площадь одного строительного прямоугольника при принятой сетке колонн, м^2 .

В камерах с подвесными путями груз находится в подвешенном состоянии. Такой способ размещения продуктов принят в камерах замораживания, охлаждения и хранения охлажденного мяса в тушах, полутушах и четвертинах. Размеры таких камер определяют в зависимости от вместимости помещения B и нормы нагрузки на 1 м длины подвесного пути $g_l(\text{т/м})$ или нормы нагрузки, отнесенной к 1 м^2 строительной площади данного помещения $g_F(\text{т/м}^2)$:

$$F_{\text{стр}} = B/g_F \quad (2.17)$$

Кроме основных производственных помещений в составе холодильника предусматривают различные вспомогательные помещения, необходимые для

выполнения технологических операций (накопительные, разгрузочные помещения при камерах тепловой обработки продуктов, экспедиции, упаковочные, коридоры, вестибюли, лестничные клетки, лифтовые шахты и т. п.). При проведении расчетов площадь, отводимую для вспомогательных помещений, принимают равной 20...40 % суммы площадей охлаждаемых помещений:

$$F_{\text{всп}} = (0,2 \dots 0,4) \sum F_{\text{стр}}, \quad (2.18)$$

где $F_{\text{всп}}$ - площадь вспомогательных помещений холодильника, м^2 ; $\sum F_{\text{стр}}$ - суммарная площадь охлаждаемых помещений холодильника (камеры хранения и тепловой обработки продуктов), м^2 .

Общая площадь (м^2) всех помещений холодильника (в контуре теплоизоляции):

$$F_{\text{хол}} = \sum F_{\text{хр}} + \sum F_{\text{т.о}} + \sum F_{\text{всп}}, \quad (2.19)$$

где $\sum F_{\text{хр}}$ - сумма площадей камер хранения продуктов (охлажденных, мороженных, универсальных), м^2 ; $\sum F_{\text{т.о}}$ - сумма площадей камер тепловой обработки продуктов (морозильных камер, остывочных, камер домораживания), м^2 .

Площадь служебных помещений принимают равной 5...10% $\sum F_{\text{стр}}$ холодильника, а площадь компрессорного цеха составляет 10...15% $\sum F_{\text{стр}}$ холодильника. Служебные помещения и компрессорный цех располагаются, как правило, в здании, пристраиваемом к зданию холодильника.

Для лучшей организации и быстрого выполнения грузовых операций необходима длина платформ для приема продуктов и выдачи их из холодильника.

Железнодорожная платформа может быть соединена с автомобильной. Высота платформы над уровнем земли должна соответствовать высоте пола железнодорожного вагона или кузова автомашины. Автомобильную платформу приподнимают над уровнем земли на высоту 1,2 м. Высота пола двухосного железнодорожного вагона составляет 1,1 м, четырехосного – 1,35 м, шириной 7,5 м.

Автомобильная платформа должна иметь ширину 7...9 м.

1.4 Планировка охлаждаемых помещений

Дается описание современных принципов планировки данного типа холодильника. Описываются требования, предъявляемые к планировке холодильника.

При описании планировки холодильника следует указать, как размещены камеры и обосновать почему.

Планировка проектируемого предприятия – один из узловых моментов проекта. В связи с этим к планировкам предъявляют некоторые основные требования:

1. Планировка должна соответствовать принятой в проекте схеме технологического процесса.

2. Планировка должна способствовать уменьшению первоначальных затрат на строительство холодильника.

3. Планировка должна обеспечить дешевую и удобную эксплуатацию холодильника.

4. Планировка должна учитывать особенности принятой системы охлаждения.

5. Планировка должна отвечать требованиям правил техники безопасности и пожаробезопасности.

6. Планировка должна обеспечить возможность расширения предприятия.

7. Защита грунта от промерзания.

Распределительные холодильники проектируют в одно- или многоэтажном варианте. Холодильники вместимостью до 5000 т проектируют, как правило, одноэтажными, свыше 5000 т – преимущественно многоэтажными.

В крупных одноэтажных распределительных холодильниках (прил. 9) для удобства грузовых операций делают несколько сквозных грузовых коридоров, из которых предусматривают входы во все камеры хранения. Платформы располагаются вдоль длинных сторон холодильника, соединяются сквозными грузовыми коридорами или соединительной платформой шириной 3...6 м. Ширину камер следует принимать равной 6...24 м, а отношение ширины камеры к ее длине не более 1:3.

На распределительных холодильниках небольшой вместимости сквозных коридоров обычно не делают, а платформу располагают с одной стороны холодильника (прил. 10).

Многоэтажные холодильники (прил. 11) проектируют с основанием, выполненным в виде прямоугольника со сторонами, кратными 6 м (сетка колонн 6х6 м). Ширину здания холодильника принимают не более 42 м.

Холодильники мясокомбинатов в одноэтажном варианте располагаются между мясожировым и мясоперерабатывающим корпусами. Все три корпуса объединены в общий строительный объем и связаны между собой системами подвешного и напольного транспорта. Планировка одноэтажного холодильника типового мясокомбината мощностью 50 т в смену приведена в прил. 12. Холодильник выполнен из сборных железобетонных конструкций с сеткой колонн 6 х 12 м. Высоту холодильных камер (6 м до низа балок) полностью используют как в камерах хранения, так и в камерах холодильной обработки с подвесными путями на отметке 3,35 м, над которыми размещают подвесные воздухоохладители. Камеры хранения мороженого мяса расположены ближе к железнодорожной платформе холодильника, что обеспечивает короткий путь для погрузки мяса в рефрижераторные вагоны. Наличие в холодильнике центрального коридора создает удобные условия для транспортировки охлажденных и мороженных мясопродуктов, как в камеры хранения, так и в мясоперерабатывающий корпус.

При проектировании камер холодильника за основу берут способы охлаждения и замораживания мяса: одно- и многостадийные.

В настоящее время предпочтение отдают одностадийной холодильной обработке.

Производственные *холодильники 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 или к которому пристраивают машинное отделение холодильной установки (прил. 13). Объемно-планировочным решением производственного корпуса городского молочного завода предусматривается компоновка холодильника с центральным коридором. Сетка колонн 6 x 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 м до низа балок. Вдоль холодильника располагается автомобильная платформа для выдачи через экспедицию продукции на автотранспорт или для приемки сырья.

Холодильники рыбной промышленности строят в рыбных портах и при рыбоперерабатывающих предприятиях (прил. 14). На холодильниках рыбных портов обычно не замораживают рыбу, а в основном только хранят мороженую для обеспечения круглогодичной загрузки сырьем рыбообрабатывающих заводов. Поэтому при их проектировании камеры замораживания не предусматривают. Объемно-планировочные решения холодильников рыбных портов подчиняют компоновке рыбообрабатывающих заводов, которые из-за ограниченности территории портов проектируют обычно в многоэтажных зданиях.

Фруктовые холодильники проектируют с учетом следующих условий. Для обеспечения сохранности плодоовощной продукции расширяется сеть холодильников и хранилищ в первую очередь в местах ее выращивания. Наряду с обычными холодильными камерами на фруктовых холодильниках предусматривают камеры для хранения продукции в регулируемой газовой среде (РГС) – до 25 % общей вместимости. В камерах обеспечивается охлаждение плодов и овощей до температуры хранения за 24 ч при массе поступления их в сутки до 10 % вместимости холодильника. В процессе хранения поддерживают температуру воздуха $-1...+4$ °С, повышенную относительную влажность 85–95 %. Применяют две системы хладоснабжения камер: на холодильниках вместимостью 2000 т и больше – централизованная с аммиачной холодильной установкой и кипением хладагента в навесных приборах охлаждения; на холодильниках до 2000 т – децентрализованная с автономными холодильными машинами, состоящими из фреоновых агрегатов и воздухоохладителей непосредственного охлаждения. Плоды хранят в контейнерах (ящичных поддонах) вместимостью 250 кг. В нашей стране построен ряд зданий картофеле- и овощехранилищ из легких металлических конструкций ЛМК (прил. 15). Здание двухпролетное, с внутренним стальным окрашенным каркасом, колонны которого выполнены из широкополочных двутавров и опираются на монолитный железобетонный фундамент. Фермы имеют пролет на всю ширину камер и изготовлены из элементов коробчатого сечения. Наружные стены выполнены из трехслойных панелей типа «сэндвич» (внешние сдои из оцинкованного и окрашенного профилированного стального листа толщиной 0,5 мм, средний теплоизоляционный слой из заливочного пенополиуретана).

1.5 Расчет толщины тепловой изоляции строительных конструкций охлаждаемых помещений

Расчет изоляции сводится к определению толщины теплоизоляционного слоя, соответствующий нормативному значению коэффициента теплопередачи ограждения. Нормативное значение коэффициента выбирают из прил. 16 (таб.16.1) этот коэффициент зависит от зоны строительства холодильника и температуры воздуха в охлаждаемом помещении (СН и П 2.11.02.87 Холодильники).

Толщина теплоизоляционного слоя ограждения (м)

$$\delta_{из} = \lambda_{из} [1/k - (1/\alpha_n + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_v)], \quad (2.20)$$

где k - нормативный коэффициент теплопередачи изоляционной конструкции, Вт/(м²К); α_n - коэффициент теплопередачи от воздуха к наружной поверхности ограждения, Вт/(м²К); α_v - коэффициент теплопередачи от внутренней поверхности ограждения к воздуху камеры Вт/(м²К); δ_i - толщина отдельных слоев ограждения (кроме теплоизоляции), м; λ - коэффициент теплопроводности изоляционного и строительного материалов, Вт/мК (прил. 17).

Коэффициенты теплопередачи перегородок, отделяющих камеры от не охлаждаемых и неотапливаемых помещений (коридоров, вестибюлей и тамбуров), в зависимости от температуры воздуха в камере имеют следующие значения (таб. 2.1).

Таблица 2.1

Нормативные коэффициенты теплопередачи перегородок, отделяющих камеры от неохлаждаемых и неотапливаемых помещений, Вт/(м²К)

Температура воздуха в охлаждаемом помещении, °С.	-35	-30	-20	-10	-2	0	12
Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² *К)	0,19	0,20	0,23	0,28	0,39	0,42	0,53

Коэффициенты теплопередачи перегородок между камерами и междуэтажными перекрытиями принимают в зависимости от характера разделяемых помещений (прил. 16 табл. 16.2).

Коэффициенты теплопередачи обогреваемых полов на грунте принимают в зависимости от температуры воздуха в охлаждаемом помещении (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Нормативные коэффициенты теплопередачи обогреваемых полов на грунте, Вт/(м²К)

Температура воздуха в охлаждаемом помещении, °С.	-1	-2	-10	-20	-30...-35
Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² *К)	0,36	0,35	0,26	0,18	0,15

Плиточные и блочные изоляционные материалы имеют стандартную толщину, поэтому полученное расчетом значение толщины теплоизоляционного слоя округляют до величины, кратной стандартной.

Плитную изоляцию следует подбирать из нескольких слоев материала стандартной толщины.

Коэффициенты теплоотдачи с наружной и внутренней сторон ограждений приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Коэффициенты теплоотдачи с наружной и внутренней сторон ограждений

Поверхность ограждения	$\alpha_n; \alpha_v,$ Вт/(м ² К)	$1/\alpha_n; 1/\alpha_v,$ (м ² К)/Вт
Наружная поверхность стен и бесчердачных покрытий	23,3	0,043
Внутренняя поверхность стен охлаждаемых помещений (естественная циркуляция воздуха)	8,0	0,125
Поверхность пола более теплой камеры при расположении под ней холодной камеры	7,0	0,143
Поверхность потолка холодной камеры при расположении над ней более теплой камеры	6,0	0,167
Поверхность потолка, стен и пола при умеренной циркуляции воздуха (хранение охлажденных грузов)	9,0	0,111
Поверхность потолка, стен и пола при интенсивной циркуляции воздуха (камеры тепловой обработки грузов)	10,5	0,095

Примеры изоляционных конструкций приведены в прил. 18 (рис.18.1 – 18.4).

1.6 Тепловой расчет потребителей холода

В данном разделе указывается цель теплового расчета, перечисляются все теплопритоки.

Тепловой расчет охлаждаемых помещений проводят для определения суммы всех количеств теплоты, поступающих в эти помещения или возникающих в них от каждого из различных источников, оказывающих влияние на поддержание заданного температурного режима в объекте.

Конечная цель теплового расчета – определение производительности камерного оборудования, достаточной для отвода всей теплоты, поступающей в объект, и поддержания в нем заданных параметров. Кроме того, расчет теплопритоков позволяет найти нагрузки на компрессоры, т. е. их холодопроизводительность, а также нагрузки на другое оборудование машинного отделения.

Для подбора камерных приборов охлаждения необходимо знать тепловые нагрузки в каждом охлаждаемом помещении.

В установившемся режиме работы в охлаждаемые помещения будут поступать следующие теплопритоки:

- 1) теплоприток через ограждения помещений Q_1 вызванный проникновением теплоты из-за разности температур снаружи и внутри ограждения;
- 2) теплоприток от грузов Q_2 при их холодильной обработке;

- 3) теплоприток, вносимый с наружным воздухом Q_3 при вентиляции помещений;
- 4) эксплуатационные теплопритоки от различных источников Q_4 ;
- 5) теплопритоки от «дыхания» продуктов растительного происхождения Q_5 .

Сумма всех теплопритоков в данный момент определяет нагрузку на холодильное оборудование.

Теплоприток через наружные ограждения Q_1 (Вт) определяют по выражению:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, \quad (2.21)$$

где Q_{1T} - теплоприток через ограждения камеры из-за разности температур у ограждения камеры, Вт; Q_{1C} - теплоприток через ограждения камеры из-за действия солнечной радиации, Вт.

$$Q_{1T} = k * F (t_n - t_b) \quad (2.22)$$

$$Q_{1C} = k * F \Delta t_c \quad (2.23)$$

где k - нормативный коэффициент теплопередачи ограждения (действительный), Вт/м²К; F - площадь ограждения м²; t_n - температура воздуха с наружной стороны ограждения °С; t_b - температура воздуха в камере °С; Δt_c - дополнительная разность температур возникающая из-за действия солнечной системы радиации °С (прил. 19).

Теплоприток Q_1 определяют для наиболее жаркого месяца в данной местности. При расчете теплопритока через внутренние стены между камерами за температуру t_n принимают температуру воздуха в соседней камере.

Рассчитывая теплоприток через перегородку, отделяющую камеру от не охлаждаемого помещения (коридора), принимают расчетную разность температур, равную 70% расчетной разности температур для наружных стен, если не охлаждаемое помещение имеет выход наружу, и равную 60 % расчетной разности температур, если не охлаждаемое помещение не имеет выхода наружу.

При расчете теплопритока через перекрытие, отделяющее охлаждаемую камеру от не охлаждаемого подвала, принимают расчетную разность температур, равную 50% расчетной разности температур для наружных стен, если подвал не имеет окон, и 60 %, если подвал с окнами,

Теплоприток через пол, расположенный на грунте и имеющий обогрев, рассчитывают из условия, что средняя температура воздуха в шанцах 3 °С, а средняя температура слоя с электронагревателями 2 °С. Для неизолированных полов без обогревательных устройств теплоприток (Вт).

$$Q_{1п} = (\sum k_{усл} F) (t_n - t_b), \quad (2.24)$$

где $k_{усл}$ - условный коэффициент теплопередачи соответствующей зоны, Вт/(м²К); F - площадь зоны пола, м²; t_n - расчетная температура наружного воздуха, °С; t_b - температура воздуха в камере, °С.

При расчете пол разбивают на зоны шириной 2 м, начиная от наружных стен. Для каждой зоны принимают свой условный коэффициент теплопередачи k :

- I зона (шириной 2 м от наружных стен) - 0,47 Вт/м²К;

- II зона (от 2 до 4 м от наружных стен) – $0,23 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;
- III зона (от 4 до 6 м от наружных стен) – $0,12 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;
- IV зона (остальная площадь пола) – $0,07 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

При упрощенных расчетах принимают, что удельный теплоприток через 1 м^2 площади неизолированного пола для камер с $t_{\text{в}} = -2 \dots 0 \text{ } ^\circ\text{C}$, $q_{\text{F}} = 2,0 \dots 2,5 \text{ Вт/м}^2$, а для камер с $t_{\text{в}} = 0 \dots 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, $q_{\text{F}} = 1,0 \dots 1,5 \text{ Вт/м}^2$.

Теплоприток от солнечной радиации определяют для наружных ограждений, которые подвергаются воздействию солнечных лучей. Избыточную разность температур $\Delta t_{\text{с}}$, характеризующую действие солнечной радиации, находят по прил. 19.

Для плоской кровли избыточная разность температур зависит только от тона окраски и не зависит от ориентации и географической широты. Для плоских кровель без окраски (темных) избыточную разность температур принимают $17,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, с окраской в светлые тона – $14,9 \text{ } ^\circ\text{C}$. Для шатровых кровель избыточную разность принимают в зависимости от географической широты: для южной зоны $15 \text{ } ^\circ\text{C}$, средней – 10 , северной – $5 \text{ } ^\circ\text{C}$. При расчете учитывают теплоту солнечной радиации, проникающую через кровлю и наружную стену, через которую поступает наибольший теплоприток от воздействия солнечных лучей.

По каждой камере вычисляют суммарный теплоприток через ограждения и относят его к нагрузке на камерное оборудование. При расчете тепловой нагрузки на компрессор этот теплоприток в зависимости от типа и назначения холодильника учитывают полностью или частично. При расчете распределительных и фруктовых холодильников теплоприток учитывают полностью: относят его к нагрузке и на компрессор, и на камерное оборудование. Для холодильников мясо- и рыбокомбинатов теплоприток на компрессор составляет 80% максимальной величины для камер хранения мороженных продуктов и 60% для камер хранения охлажденных продуктов, для камер замораживания – 100% .

Рекомендуется выполнять расчет в табличной форме (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Расчет теплопритока Q_1 через ограждения камер холодильника

Ограждение	$t_{\text{в}},$ $^\circ\text{C}$	Размеры, м			$F\text{м}^2$	$t_{\text{н}},$ $^\circ\text{C}$	$\Delta t = t_{\text{н}} - t_{\text{в}},$ $^\circ\text{C}$	$k, \text{ Вт/м}^2\text{К}$	$\Delta t_{\text{с}}, ^\circ\text{C}$	$Q_{\text{ит}}, \text{ Вт}$	$Q_{\text{лс}}, \text{ Вт}$	$Q_1, \text{ Вт}$
		L	B	H								
НС-С (плат-форма)												
НС-В												
НС-Ю												
ВС-3												
(камера 2)												
ВС-3:												
тамбур												
пол												
покрытие												
ИТОГО												

Теплоприток от продуктов при их холодильной обработке (Вт) зависит от суточного поступления продуктов в камеру, вида продукта, температуры продукта при поступлении в камеру и выпуске из нее, а также от продолжительности холодильной обработки:

$$Q_2 = M_{\text{пост}} (i_{\text{пост}} - i_{\text{вып}}) * 10^6 / (\tau * 3600), \quad (2.25)$$

где $M_{\text{пост}}$ - суточное поступление продуктов в камеру (тонн в сутки); $i_{\text{пост}}$ - удельная энтальпия продукта поступающая в камеру при $t_{\text{пост}}$, кДж/кг; $i_{\text{вып}}$ - удельная энтальпия продукта выпускаемого из камеры при $t_{\text{вып}}$, кДж/кг; τ - продолжительность холодильной обработки продукта, ч.

При расчете теплопритока суточное поступление продукта для камер хранения принимают равным 6 % вместимости камеры (> 200 т) или 8 % вместимости камеры (< 200 т).

Для камер или устройств охлаждения и замораживания продукта суточное поступление определяется производительностью в тоннах в сутки. Удельную энтальпию продукта в зависимости от его вида и температуры определяют по приложению 14. Продолжительность холодильной обработки для камер хранения принимают 24 ч, для камер замораживания и охлаждения – в зависимости от мощности мясокомбината.

Для фруктовых и перевалочных рыбных холодильников суточное поступление груза в камеры хранения принимают равным 10 % вместимости камер.

Для камер домораживания на распределительных холодильниках суточное поступление продуктов определяется производительностью камер, причем $Q_{2\text{км}} = Q_{2\text{об}}$. Для камер охлаждения и замораживания на производственных холодильниках суточное поступление продуктов в эти помещения при определении теплопритока на компрессор определяется мощностью цеха убоя скота и разделки туш, а теплоприток на камерное оборудование увеличивается на 30 % по сравнению с теплопритоком на компрессор: $Q_{2\text{об}} = 1,3 Q_{2\text{км}}$. При замораживании различных штучных продуктов в морозильных аппаратах непрерывного действия

$$Q_{2\text{км}} = Q_{2\text{об}} = M_{\text{ч}} (i_{\text{пост}} - i_{\text{вып}}) * 10^3 / 3600, \quad (2.26)$$

где $M_{\text{ч}}$ – часовая производительность морозильного аппарата по данному продукту, кг/ч.

Расчетные параметры некоторых камер на распределительных и производственных холодильниках приведены в прил. 6.

Масса тары составляет в среднем 10...15 % массы продуктов, а для стеклянной тары – 100 %. Массу деревянных ящиков для фруктов принимают равной 20 % массы фруктов. Удельную теплоемкость тары принимают в зависимости от ее материала: картон, дерево – $c_{\text{т}} = 2,3$ кДж/(кг*К), сталь – $c_{\text{т}} = 0,5$ кДж/(кг*К), стекло – $c_{\text{т}} = 0,8$ кДж/(кг*К). Теплоприток от тары (Вт) определяют по выражению

$$Q_{2\text{т}} = M_{\text{т}} c_{\text{т}} (t_{\text{пост}} - t_{\text{вып}}) * 10^6 / (\tau * 3600), \quad (2.27)$$

где $M_{\text{т}}$ – суточное поступление тары, принимаемое пропорционально суточному поступлению продукта, т в сутки; $c_{\text{т}}$ – удельная теплоемкость материала тары, кДж/(кг*К); $t_{\text{пост}}, t_{\text{вып}}$ – температура тары (принимается по продукту),

поступаю - щей и выпускаемого из камеры, °С; τ – продолжительность холодильной обработки (принимается по продукту), ч.

Общий теплоприток от упакованных продуктов при их холодильной обработке составляет

$$Q_2 = Q_{2\text{пр}} + Q_{2\text{т}} \quad (2.28)$$

Таблица 2.5

Расчет теплопритока от продуктов при их холодильной обработке Q_2

Камера	$t_b, ^\circ\text{C}$	$M_{\text{пост}}, \text{Т}$ в сутки	Удельная энтальпия продукта, кДж/кг		$\Delta i,$ кДж/кг
			поступившего	выпускаемого	

Таблица 2.6

Сводная таблица теплопритоков от продуктов при их холодильной обработке (для каждой камеры).

Камера	$M_{\text{пост}}, \text{Т}$ в сутки		$Q_{2\text{пр}}, \text{Вт}$		$Q_{2\text{т}}, \text{Вт}$		$Q_2, \text{Вт}$	
	км	об	км	об	км	об	км	об

Теплоприток при вентиляции охлаждаемых помещений Q_3 (Вт) учитывают только для камер хранения некоторых охлажденных продуктов (яйцо, сыр, фрукты, овощи и т. п.) и для производственных помещений, где постоянно работают люди (экспедиции, упаковочные отделения, помещения с морозильными аппаратами и т.д.).

Для камер хранения продуктов

$$Q_3 = V_K \alpha \rho_B (i_H - i_B) \cdot 10^3 / (24 \cdot 3600), \quad (2.29)$$

где V_K – объем вентилируемой камеры, м^3 ; α – кратность воздухообмена в сутки, 1/сут ($\alpha = 3 \dots 5$ 1/сут для камер хранения; $\alpha = 10 \dots 12$ 1/сут для камер предварительного охлаждения фруктов); ρ_B – плотность воздуха в камере, $\text{кг}/\text{м}^3$; i_H и i_B – удельные энтальпии наружного воздуха и воздуха в камере (кДж/кг); определяются по температуре и влажности воздуха по диаграмме $d-i$ для влажного воздуха.

Для охлаждаемых производственных помещений

$$Q_3 = 20 n \rho_B (i_H - i_B) \cdot 10^3 / 3600, \quad (2.30)$$

где 20 – норма подачи воздуха в час на одного работающего человека, м³/ч на 1 человека; n – число работающих людей, человек.

Теплоприток от наружного воздуха при вентиляции охлаждаемых помещений относят и на компрессор, и на камерное оборудование поровну.

Эксплуатационные теплопритоки Q_4 (Вт) возникают вследствие освещения камер, нахождения в них людей, работы электрооборудования и открывания дверей. Теплоприток определяют для каждой камеры от имеющихся источников тепловыделений отдельно.

Теплоприток от освещения (Вт):

$$q_1 = AF \quad (2.31)$$

где A – удельный теплоприток от освещения в единицу времени, отнесенный к 1 м² площади пола, Вт/м² (A – 2,3 Вт/м² для камер хранения; A – 4,5 Вт/м² для камер тепловой обработки, экспедиций, загрузочно-разгрузочных, производственных помещений и т. п.); F – площадь камеры, м².

Теплоприток от пребывания людей (Вт):

$$q_2 = 350 \cdot n, \quad (2.32)$$

где 350 – тепловыделение одного работающего человека, Вт на 1 человека; n – число работающих в помещении людей, человек.

Считается, что в камерах площадью до 200 м² работают двое-трое людей, а в камерах площадью более 200 м² – три-четыре человека. Число людей, работающих в производственных охлаждаемых помещениях, принимают по штатному расписанию.

Теплоприток от работы электрооборудования (Вт):

$$q_3 = 10^3 \sum N_{эл} \eta, \quad (2.33)$$

где $\sum N_{эл}$ – суммарная мощность электродвигателей оборудования, находящегося в помещении, кВт. η – КПД электродвигателей.

Мощность электродвигателей принимают в зависимости от назначения камеры и типа приборов охлаждения. Она складывается из мощности электродвигателей вентиляторов воздухоохладителей и мощности электродвигателей подъемно-транспортных средств.

Для предварительных расчетов удельный теплоприток от электродвигателей вентиляторов воздухоохладителей ориентировочно можно принять:

- 10...15 Вт/м² – камера хранения охлажденного и мороженого грузов (камеры оборудованы воздухоохладителями);
- 100 Вт/м² – камера охлаждения мяса;
- 150...200 – камера замораживания мяса.

Тогда теплоприток q_3 (Вт) определяется по формуле

$$q_3 = CF + N_{эл}, \quad (2.34)$$

где C – удельный теплоприток от электродвигателей вентиляторов воздухоохладителей, Вт/м²; F – площадь камеры, м²; $N_{эл}$ – мощность электродвигателей подъемно-транспортных средств, кВт, (3,5...4,0 кВт); учитывается только для камер хранения груза в штабелях.

Теплоприток при открывании дверей в охлаждаемые помещения (Вт):

$$q_4 = BF, \quad (2.35)$$

где B – удельный теплоприток из соседних помещений через открытие дверей, отнесенный к 1 м² площади камеры Вт/м² (определяется по прил. 20 табл. 20.1); F – площадь камеры м².

При определении теплопритока $Q_{4об}$ на камерное оборудование учитывается полностью величина $Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$, а теплоприток $Q_{4км}$ на компрессор уменьшается на 25...50 %, если число камер одного температурного режима более трех, $Q_{4км} = (0,5...0,75)Q_{4об}$, и если число камер до трех, то теплоприток $Q_{4км} = Q_{4об}$.

Таблица 2.7

Расчёт эксплуатационных теплопритоков Q_4 , (Вт)

Камера	$t_b, ^\circ\text{C}$	$F, \text{м}^2$	$A, \text{Вт/м}^2$	$n, \text{чел}$	$\Sigma N_{эл}, \text{кВт}$	$B, \text{Вт/м}^2$	$q_1, \text{Вт}$	$q_2, \text{Вт}$	$q_3, \text{Вт}$	$q_4, \text{Вт}$	$Q_4, \text{Вт}$	
											км	об

Теплоприток, выделяемый фруктами и овощами при «дыхании», (Вт):

$$Q_5 = B(0,1q_{пост} + 0,9q_{хр}), \quad (2.36)$$

где B – вместимость камеры, т; $q_{пост}$, $q_{хр}$ – тепловыделение плодов при температурах поступления и хранения Вт/т, (прил. 20, табл. 20.2).

Температура поступления принимается равной 20°С для неохлаждаемого транспорта и 8°С для рефрижераторов.

Расчет всех теплопритоков сводят в таблицы (см. таб.2.4-2.9).

Таблица 2.8

Сводная таблица теплопритоков в камеры холодильника

Камера	$t, ^\circ\text{C}$	$Q_1, \text{Вт}$	$Q_2, \text{Вт}$		$Q_3, \text{Вт}$	$Q_4, \text{Вт}$	$Q_5, \text{Вт}$	$\Sigma Q, \text{Вт}$	
			км	об				км	об

В результате теплового расчета получают для каждой камеры значение теплопритока $Q_{об}$, представляющее собой тепловую нагрузку на батареи или на воздухоохладители. На основании этой величины определяют площадь теплообменной поверхности приборов охлаждения, необходимую для поддержания в камере заданного температурного режима.

Теплопритоки на компрессор или группу компрессоров суммируют по группам охлаждаемых помещений с близкими температурными режимами (одинаковой температурой кипения хладагента).

Таблица 2.9

Распределение тепловой нагрузки по температурам кипения

Камера	$t, ^\circ\text{C}$	$t_b - t_p, ^\circ\text{C}$	$t_p - t_o, ^\circ\text{C}$	$t_o, ^\circ\text{C}$	$\Sigma Q_{0\text{KM}}, \text{Вт}$			$\Sigma Q_{0\text{об.}}, \text{Вт}$		
					$t_{o1}, ^\circ\text{C}$	$t_{o2}, ^\circ\text{C}$	$t_{o3}, ^\circ\text{C}$	$t_{o1}, ^\circ\text{C}$	$t_{o2}, ^\circ\text{C}$	$t_{o3}, ^\circ\text{C}$

Холодопроизводительность компрессоров (Вт) на каждую температуру кипения с учетом потерь холода в трубопроводах и коэффициента рабочего времени составляет:

$$Q_{ОКМ} = \rho \Sigma Q_{\text{KM}} / b, \quad (2.37)$$

где ρ - коэффициент потерь, для рассольной системы охлаждения, принимаемый в зависимости от температуры кипения хладагента: $-10 \dots -12 ^\circ\text{C} - 1,05$; $-30 ^\circ\text{C} - 1,07$; $-40 \dots -45 ^\circ\text{C} - 1,10$

Для рассольной системы охлаждения $\rho = 1,12 \dots 1,15$

$\Sigma Q_{0\text{KM}}$ - суммарная тепловая нагрузка на компрессор при данной температуре кипения; b - коэффициент рабочего времени компрессора $b = 0,75 \dots 0,92$ для централизованной системой охлаждения.

1.7 Выбор расчетного рабочего режима

Оптимальный режим работы холодильной установки достигается установлением и поддержанием оптимальных перепадов температур между средами в теплообменных аппаратах, оптимального перегрева на всасывающей стороне и определенной температуры на нагнетательной стороне компрессора.

Температура конденсации холодильного агента определяется расчетным путем в зависимости от типа выбранного конденсатора и системы его охлаждения.

Температуру кипения хладагента принимают в зависимости от температуры воздуха в охлаждаемом объекте. При непосредственном охлаждении температура кипения обычно на $7 - 10 ^\circ\text{C}$ ниже температуры воздуха в камере;

$$t_o = t_b - (7 \div 10) ^\circ\text{C} \quad (2.38)$$

Температура конденсации в конденсаторах, охлаждаемых водой, зависит от температуры и количества подаваемой воды.

Оптимальной можно считать температуру конденсации, которая на 3 – 5°C выше температуры воды, отходящей с конденсатора,

$$t_k = t_{вд2} + (3 \div 5)^\circ\text{C} \quad (2.39)$$

Для машин, работающих на хладагентах, средние разности температур между хладагентом и водой примерно вдвое больше, чем для машин, работающих на аммиаке.

Нагрев воды на конденсаторах (от 2 до 6°C) зависит от типа конденсатора.

$$t_{вд2} = t_{вд1} + (2 \div 6)^\circ\text{C} \quad (2.40)$$

Для конденсаторов воздушного охлаждения среднюю разность темп между конденсирующимся хладагентом и воздухом принимают 8–10°C. Нагрев воздуха в конденсаторах крупных установок, работающих на аммиаке, принимают 6–9°C, а для малых установок, работающих на хладагентах, 3–4°C.

Для исключения влажного хода компрессора пар перед компрессором перегревается. Для машин, работающих на аммиаке, безопасность работы обеспечивается при перегреве пара на 5–15°C.

$$t_{вс} = t_0 + (5 \div 15)^\circ\text{C} \quad (2.41)$$

В машинах, работающих на фреоне 134а перегрев пара на всасывании 30°C. Для машин, работающих на R22 - 20°C.

В схемах с промежуточным теплоносителем температуру кипения хладагента принимают на 5–6 ниже температуры теплоносителя, которую в свою очередь принимают на 8–10°C ниже температуры воздуха в камере.

Температура нагнетания будет равна:

$$t_n = 2,4(t_0 + t_k), \quad (2.42)$$

для поршневых компрессоров $t_n \leq 150 - 160^\circ\text{C}$; для винтовых $t_n \leq 95 - 100^\circ\text{C}$.

По найденной температуре конденсации и заданных температурах кипения находится отношение давлений p_k/p_o , величина которого определяет выбор холодильных машин: одноступенчатого сжатия, при $p_k/p_o < 9$ и двухступенчатого сжатия, при $p_k/p_o > 9$. Следует иметь в виду, что для аммиачных холодильных машин при температурах кипения от – 30°C и ниже и температурах конденсации 30-35°C принимается двухступенчатое сжатие; для холодильных машин, работающих на R22, применить одноступенчатое сжатие только при $p_k/p_o \leq 11$.

Следует иметь в виду, что при расчете температуры конденсации необходимо выбирать температурные перепады таким образом, чтобы конечное значение температуры конденсации соответствовало величинам 25,30,35°C.

1.8 Выбор схемы холодильной установки

Здесь необходимо: дать краткое техническое обоснование выбранной схемы и применяемого холодильного агента; указать требования, предъявляемые к схемам. Отметить преимущества и недостатки в сравнении с возможными вариантами схем, с точки зрения поддержания температурно-влажностного режима в камерах холодильника; регулирования подачи холодильного агента в охлаждающие приборы, условий хранения продуктов и сохранения их качества, а также экономии энергетических ресурсов, сырья, материалов.

Схема холодильной установки – это упрощенное изображение машин, аппаратов, другого оборудования, трубопроводов, арматуры и различных приборов, дающее представление об их подключении, взаимном расположении, условиях эксплуатации.

К схемам холодильных установок предъявляют следующие требования:

- обеспечивать поддержание заданного режима в охлаждаемых объектах;
- быть гибкой при эксплуатации, допускать возможность необходимых переключений холодильного оборудования, позволяющих изменять условия его работы, обеспечивать замену отдельного оборудования в случае неполадок или ремонта;
- быть по возможности простой и не требующей больших затрат при монтаже и эксплуатации;
- быть наглядной и удобной при обслуживании;
- обеспечивать безопасность обслуживающего персонала и долговечность эксплуатации холодильного оборудования;
- давать возможность автоматизации отдельных узлов или всей установки в целом.

Схемы холодильных установок могут быть условно разделены на составляющие узловые схемы со своими специфическими особенностями (например, компрессорного агрегата, конденсаторной группы, испарительной системы и др.).

Все схемы холодильных установок выполняют в соответствии с ГОСТами на изображения различного оборудования и гидравлических трубопроводов. (см. прил.4).

Для распределительных и производственных холодильников мясокомбинатов, рыбных холодильников, холодильников для фруктов и овощей в основном применяют схему непосредственного охлаждения централизованного и децентрализованного типа. Для производственных холодильников молочных комбинатов применяют смешанную схему (непосредственного охлаждения и с промежуточным теплоносителем), см. приложение 42.

1.9 Тепловой расчет и подбор компрессоров

Расчет производителя на каждую температуру кипения.

При расчете компрессоров изображается цикл одноступенчатой или 2-х ступенчатой холодильной машины в диаграмме $i - l_{qr}$, определяются парамет-

ры точек, необходимых для расчета, по диаграммам и таблицам для холодильных агентов. (Приложение 21-25)

Построение цикла и определение параметров точек аммиачных компрессоров одноступенчатого сжатия (см. прил. 24).

Все значения параметров заносим в таблицу 2.10

Таблица 2.10

Таблица параметров точек одноступенчатого цикла

Точка	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{МПа}$	$v, \text{м}^3/\text{кг}$	$i, \text{кДж/кг}$	$s, (\text{кДж/кг}\cdot\text{K})$	$x, \text{кг/кг}$

Построение цикла и определение параметров точек аммиачных компрессоров двухступенчатого сжатия (см. прил.25).

Все значения параметров заносим в таблицу 2.11

Таблица 2.11

Таблица параметров точек двухступенчатого цикла

Точка	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{МПа}$	$v, \text{м}^3/\text{кг}$	$i, \text{кДж/кг}$	$x, \text{кг/кг}$

При расчете компрессоров, работающих на фреоне, температура переохлаждения холодильного агента находится из теплового баланса регенеративного теплообменника (прил.26): $i_{1'} - i_1 = i_3 - i_{3'}$, откуда $i_{3'} = i_3 + i_{1'} - i_1$. По приложениям 21-23 определяем температуру.

Для подбора компрессоров нужно найти теоретическую объемную подачу V_T и мощность двигателя $N_{дв}$.

1. Удельная массовая холодопроизводительность хладагента:

$$q_0 = i_1 - i_4 \quad (2.43)$$

2. Действительная масса всасываемого пара:

$$m_d = Q_0 / q_0 \quad (2.44)$$

3. Действительная объемная подача:

$$V_d = m_d v_{1'} \quad (2.45)$$

4. Индикаторный коэффициент подачи:

$$\lambda_i = \frac{p_0 - \Delta p_{вс}}{p_0} \cdot c \left(\frac{p_k + \Delta p_n}{p_0} - \frac{p_0 - \Delta p_{вс}}{p_0} \right) \quad (2.46)$$

5. Коэффициент невидимых потерь для прямоточных компрессоров:

$$\lambda_{w'} = T_0 / T_k \quad (2.47)$$

для непрямоточных компрессоров:

$$\lambda_{w'} = T_0 / (T_k + 26) \quad (2.48)$$

6. Коэффициент подачи компрессора:

$$\lambda = \lambda_i \lambda_{w'} \quad (2.49)$$

7. Теоретическая объёмная передача:

$$V_T = V_d / \lambda \quad (2.50)$$

8. Удельная объёмная холодопроизводительность в рабочих условиях:

$$q_v = q_0 / v_{1'} \quad (2.51)$$

9. Удельная объёмная холодопроизводительность в номинальных условиях:

$$q_{vH} = q_{0H} / v_{1'H} \quad (2.52)$$

10. Коэффициент подачи компрессора в номинальных условиях:

$$\lambda_H = \lambda_{iH} * \lambda_{w'H} \quad (2.53)$$

11. Номинальная холодопроизводительность:

$$Q_{0H} = Q_0 (q_{vH} \lambda_H) / (q_v \lambda) \quad (2.54)$$

12. Адиабатная мощность:

$$N_a = m_d / (i_2 - i_{1'}) \quad (2.55)$$

13. Индикаторный коэффициент полезного действия:

$$\eta_i = \lambda_{w'} + b t_o \quad (2.56)$$

14. Индикаторная мощность:

$$N_i = N_a / \eta_i \quad (2.57)$$

15. Мощность трения:

$$N_{\text{тр}} = V_{\text{тр}} p_{\text{тр}} \quad (2.58)$$

16. Эффективная мощность:

$$N_e = N_i + N_{\text{тр}} \quad (2.59)$$

17. Мощность на валу двигателя:

$$N_{\text{дв}} = N_e (1,1 \dots 1,12) / \eta_{\text{п}} \quad (2.60)$$

18. Эффективная удельная холодопроизводительность или холодильный коэффициент:

$$\varepsilon_e = Q_o / N_e \quad (2.61)$$

19. Тепловой поток в конденсаторе:

$$Q_k = m_d (i_2 - i_3) \quad (2.62)$$

На практике наиболее распространена схема двухступенчатого сжатия с одной температурой кипения и охлаждением жидкости в змеевике промежуточного сосуда. Для расчета и подбора компрессоров такой установки задаются холодопроизводительностью Q_o и условиями работы машины $t_0, t_k, t_{\text{вс}}$.

Расчет ступени низкого давления:

1. Удельная массовая холодопроизводительность хладагента:

$$Q_0 = i_1 - i_6' \quad (2.63)$$

2. Действительная масса всасываемого пара:

$$m_1 = Q_0 / q_0 \quad (2.64)$$

3. Действительная объемная подача:

$$V_d = m_1 v_{1'}, \quad (2.65)$$

где $v_{1'}$ - удельный объем всасываемого пара в точке $1'$

4. Индикаторный коэффициент подачи:

$$\lambda_i = \frac{p_o - \Delta p_{\text{вс}}}{p_o} - c \left(\frac{p_{\text{пр}} + \Delta p_{\text{н}}}{p_o} - \frac{p_o - \Delta p_{\text{вс}}}{p_o} \right) \quad (2.66)$$

5. Коэффициент невидимых потерь для прямоточных компрессоров:

$$\lambda_{w'} = T_0 / T_{пр} \quad (2.67)$$

для непрямоточных компрессоров:

$$\lambda_{w'} = T_0 / (T_{пр} + 26) \quad (2.68)$$

6. Коэффициент подачи компрессора см (3.49).

7. Теоретическая объёмная передача:

$$V_{т.цнд} = V_d / \lambda \quad (2.69)$$

8. Адиабатная мощность:

$$N_{а.цнд} = m_1 / (i_2 - i_{1'}) \quad (2.70)$$

9. Индикаторный коэффициент полезного действия см. (3.56)

10. Индикаторная мощность см.(3.57)

11. Мощность трения см. (3.58)

12. Эффективная мощность см.(3.59)

13. Мощность на валу двигателя см.(3.60)

Расчет ступени высокого давления:

1. Количество жидкости до первого дросселирования, необходимое для промежуточного охлаждения пара:

$$m' = m_1(i_2 - i_3) / (i_{3'} - i_{5'}) \quad (2.71)$$

2. Количество жидкости до первого дросселирования, необходимое для охлаждения жидкости в змеевике:

$$m'' = m_1(i_5 - i_6) / (i_{3'} - i_{5'}) \quad (2.72)$$

3. Количество пара, засасываемого цилиндром высокого давления:

$$m = m_1 + m' + m'' \quad (2.73)$$

4. Действительная объёмная подача:

$$V_d = m_1 v_3 \quad (2.74)$$

5. Индикаторный коэффициент подачи:

$$\lambda_i = \frac{P_{пр} - \Delta P_{вс}}{P_{пр}} - c \left(\frac{P_k + \Delta P_n}{P_{пр}} - \frac{P_{пр} - \Delta P_{вс}}{P_{пр}} \right) \quad (2.75)$$

6. Коэффициент невидимых потерь:

$$\lambda_{w'} = T_{пр}/T_k; \lambda_{w'} = T_{пр}/(T_k + 26) \quad (2.76)$$

7. Коэффициент подачи компрессора см (3.49).

8. Теоретическая объёмная передача:

$$V_{т.цвд} = V_d/\lambda \quad (2.77)$$

9. Адиабатная мощность:

$$N_a = m/(i_4 - i_3) \quad (2.78)$$

10. Индикаторный коэффициент полезного действия:

$$\eta_i = \lambda_{w'} + b t_{пр} \quad (2.79)$$

11. Индикаторная мощность см.(3.57)

12. Мощность трения:

$$N_{тр} = N_{т.цвд} p_{тр} \quad (2.80)$$

13. Эффективная мощность см. (3.59)

14. Мощность двигателя см. (3.60)

15. Эффективная удельная холодопроизводительность всей двухступенчатой машины:

$$\varepsilon_e = Q_o/(N_{ецнд} + N_{ецвд}) \quad (2.81)$$

16. Тепловой поток в конденсаторе:

$$Q_k = m (i_4 - i_5) \quad (2.82)$$

1.10 Тепловой расчет и подбор основных теплообменных аппаратов

Расчет конденсатора заключается в определении площади теплопередающей поверхности и объемного расхода воды.

Площадь теплопередающей поверхности (м²)

$$F = Q_k / k \theta_m, \quad (2.83)$$

где θ_m - средний логарифмический температурный напор между хладагентом и теплоносителем; k -коэффициент теплопередачи, Вт/м²К (принимается по табл. 2.12).

Средний логарифмический температурный напор (°C):

$$\theta_m = (t_{w2}-t_{w1})/(2,31\lg\frac{t_k-t_{w1}}{t_k-t_{w2}}), \quad (2.84)$$

где t_{w1} , t_{w2} - температура воды, соответственно входящей в конденсатор и выходящей из него, °C; t_k - температура конденсации, °C.

Таблица 2.12

Коэффициенты теплопередачи конденсаторов

Конденсаторы	k , Вт/м ² К	q_F , Вт/м ²
Горизонтальные кожухотрубные:		
аммиачные	700...1050	4650...5250
фреоновые	350...530	2300...3500
Вертикальные кожухотрубные	700...930	4100...4650
Оросительные	700...930	4100...4650
Испарительные	470...580	2100...2300
С воздушным охлаждением:		
с принудительным движением воздуха	25...50	290...460
для бытовых холодильников	9...12	90...120

По площади теплопередающей поверхности подбираем конденсатор (прил. 27).

Нагрев воды в конденсаторе $t_{w2}-t_{w1} = (4...5)$ °C. Объемный расход охлаждающей воды (м³/с):

$$V_w = m_w / \rho_w = Q_k / [c_w \rho_w (t_{w2}-t_{w1})], \quad (2.85)$$

где m_w – массовый расход воды, кг/с; c_w - теплоемкость воды; $c_w = 4,1868$ кДж/(кгК); t_{w1} - температура воды, поступающей на конденсатор; t_{w2} – температура воды, выходящей из конденсатора, °C; $\rho_w = 1000$ кг/м³ – плотность воды.

По объемному расходу воды подбирают водяные насосы (прил. 28).

Следует учесть, что для винтовых компрессоров тепловая нагрузка на конденсатор равна установленной холодопроизводительности компрессора, так как теплота, эквивалентная индикаторной мощности, отводимая в охладителе масла.

При выборе хладагента R22 применять только горизонтальные кожухотрубные конденсаторы. Следует привести техническую характеристику и габаритные размеры принятых конденсаторов.

Расчет испарителя для охлаждения теплоносителя заключается в определении необходимой площади теплопередающей поверхности и обменного расхода теплоносителей. Тепловая нагрузка испарителя находится для заданных температур кипения отдельно и должна соответствовать тепловой нагрузке на камерное оборудование.

При расчете испарителей определяют их площадь теплопередающей поверхности F и объемный расход рассола V_p .

Площадь теплопередающей поверхности (м²)

$$F = Q_0 / k\theta_m, \quad (2.86)$$

где Q_0 – холодопроизводительность холодильной машины, Вт; k – коэффициент теплопередачи испарителя, Вт/(м²•К) принимается по табл. 2.13; θ_m – средний температурный напор между рассолом и кипящим холодильным агентом, °С; обычно принимают равным 5 °С для аммиака и 6...8 °С для фреонов.

Таблица 2.13

Коэффициенты теплопередачи испарителей

Испарители	k , Вт/м ² К	q_F , Вт/м ²
Панельные	580 – 700	2900 – 3500
Кожухотрубные аммиачные	465 – 525	2320 – 2620
Фреоновые	230 – 350	1150 – 1750

В кожухотрубных и кожухозмеевиковых испарителях θ_m (°С) определяют по формуле среднего логарифмического температурного напора:

$$\theta_m = (t_{p1} - t_{p2}) / (2,3 \lg \frac{t_{p1} - t_0}{t_{p2} - t_0}), \quad (2.87)$$

в панельных и вообще во всех испарителях с мешалкой

$$\theta_m = (t_{p2} - t_0), \quad (2.88)$$

где t_{p1} – температура теплоносителя, входящего в испаритель, °С; t_{p2} – температура теплоносителя, выходящего из испарителя, °С; t_0 – температура кипения хладагента, °С.

Расход циркулирующего теплоносителя определяют из условия:

$$Q_0 = m_T c_T (t_{p1} - t_{p2}), \quad (2.89)$$

где c_T – теплоемкость теплоносителя при рабочей температуре теплоносителя, кДж/(кг•К) (прил. 29); m_T – массовый расход теплоносителя, кг/с; $t_{p1} - t_{p2} = 2...4$ °С;

$$m_T = Q_0 / c_T (t_{p1} - t_{p2}), \quad (2.90)$$

а объемный расход циркулирующего теплоносителя (м³/с)

$$V_T = m_T / \rho_T, \quad (2.91)$$

где ρ_T – плотность теплоносителя, кг/м³ (см. прил. 29).

По площади теплопередающей поверхности подбираем испаритель (прил. 30), а по объемному расходу теплоносителя – центробежный насос (прил. 28).

Расчет и подбор охлаждающих приборов камер холодильника (батареи и воздухоохладители) выбираются в зависимости от назначения камер.

Так, в морозильных камерах, камерах охлажденных продуктов применяются воздухоохладители, а в камерах хранения мороженных продуктов могут использоваться как батареи, так и воздухоохладители, если продукты хранятся в упакованном виде.

Расчет батарей состоит в определении площади теплопередающей поверхности (m^2)

$$F = Q_0 / (k\theta), \quad (2.92)$$

где Q_0 – тепловой поток на батарею, определяемый тепловым расчетом, Вт; k – коэффициент теплопередачи, Вт/($m^2 \cdot K$); θ – температурный напор между воздухом охлаждаемого помещения и кипящим хладагентом или теплоносителем, $^{\circ}C$.

Для аммиачных батарей непосредственного охлаждения $\theta = 8... 10^{\circ}C$, для фреоновых $\theta = 15...20^{\circ}C$; k – коэффициент теплопередачи, отнесенный к наружной поверхности труб (гладких или ребристых), Вт/($m^2 \cdot K$).

Коэффициент теплопередачи ребристых и аммиачных гладкотрубных и панельных батарей можно принять соответственно по табл. 2.14

Таблица 2.14

Коэффициент теплопередачи батарей

Вид батарей	Шаг ребер, мм	Коэффициент теплопередачи k [Вт/м ² К] при $t_{\text{в}}$, °С		
		0	-20	
<i>Батареи из оребренных труб диаметром 38×25 и 57×3,5 мм (лента 1×45 мм)</i>				
Потолочные: однорядные	20...35	5,9	4,7	
	20	5,1	4,2	
	двухрядные	30...35	5,6	4,4
		20	4,8	4
Пристенные однорядные: 4-трубные	30...35	4,7	3,6	
	20	4,1	3,3	
6-трубные	30...35	4,3	3,4	
	20	3,7	3,0	
<i>Батареи из гладких труб диаметром 57×3,5 мм</i>				
Потолочныеоднорядные	-	9,8	7,0	
Пристенныеоднорядные: 6-трубные 10-трубные 14-трубные 18-трубные	-	9,8	7,0	
	-	10,7	7,6	
	-	12,0	7,6	
	-	14,0	9,9	
	-	-	5	
Панели из труб диаметром 38×3 мм	-	-	5	

Для батареи с верхней подачей аммиака коэффициенты тепло-передачи принимают на 10 % меньше приведенных в табл. 2.14

Коэффициент теплопередачи ребристых фреоновых батарей (отнесенный к наружной поверхности) составляет 3,5...4,65 Вт/($m^2 \cdot K$).

Соотношение между потолочными и пристенными батареями выбирают в зависимости от назначения камер и их расположения в здании холодильника.

Площадь поверхности одной батареи принимают по приложению 31. Размеры выбирают в зависимости от типа камеры и длины стен, вдоль которых установлены батареи.

Площадь поверхности одной батареи (m^2)

$$f_{\sigma} = l n f, \quad (2.93)$$

где l - длина батареи, м; n - число труб в батарее; f - площадь поверхности участка трубы длиной 1 м, m^2 ; принимается по прил. 31.

Число батарей, устанавливаемых в камере:

$$n_{\sigma} = F / f_{\sigma}. \quad (2.94)$$

Воздухоохладители применяются преимущественно пластинчатые подвесные типов ВОГ для морозильных камер и камер охлаждения, ВОП - для камер хранения охлажденных и мороженных продуктов.

Расчет воздухоохладителя включает определение его площади теплопередающей поверхности, состояния выходящего воздуха и расхода воздуха. Для этого необходимо знать: тип устанавливаемого воздухоохладителя; потребный тепловой поток через воздухоохладитель; температуру и относительную влажность воздуха, поступающего в воздухоохладитель; температуру кипения хладагента t_0 .

В диаграмме $i-d$ строят процесс охлаждения и определяют температурно-влажностный режим работы воздухоохладителя. Площадь теплопередающей поверхности воздухоохладителя, (m^2) $F = Q_0 / (k\theta)$, где Q_0 - тепловой поток через воздухоохладитель, определяемый тепловым расчетом, Вт; k - коэффициент теплопередачи воздухоохладителя, Вт/($m^2 \cdot K$); θ - средний температурный напор между циркулирующим воздухом и кипящим хладагентом, К.

Для воздухоохладителей из оребренных труб с нижней подачей аммиака или теплоносителя в батарее при $\theta = 10$ К и скорости воздуха $\omega_v = 3 \dots 5$ м/с коэффициенты теплопередачи в зависимости от температур кипения хладагента или температур теплоносителя следующие:

Таблица 2.15

Коэффициент теплопередачи воздухоохладителей

$t, ^\circ C$	-45	-40	-35	-25	-15	-12	-10	-5	0 и выше
$k, (Вт/м^2 \cdot К)$	11,3	11,6	11,9	12,5	14,0	14,7	15,2	16,3	17,5

При верхней подаче аммиака значения коэффициентов теплопередачи уменьшают на 10 %. Для фреоновых воздухоохладителей при $\theta = 10$ К и скорости воздуха $3 \dots 5$ м/с в зависимости от температур теплоносителя или температуры кипения фреона коэффициенты теплопередачи следующие:

Таблица 2.16

Коэффициент теплопередачи воздухоохладителей

$t, ^\circ\text{C}$	-40	-20	-15	0 и выше
$k, (\text{Вт}/\text{м}^2\text{K})$	17,5	19,3	21,0	23,3

Для гладкотрубных аммиачных воздухоохладителей $k = 35 \dots 45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ при $\theta = 10 \text{ K}$. Воздух охлаждается в воздухоохладителе на $2 \dots 5 ^\circ\text{C}$. Теплоноситель, проходя через воздухоохладитель, нагревается при умеренно низких температурах на $3 \dots 5 ^\circ\text{C}$, при низких – на $1 \dots 2 ^\circ\text{C}$.

По найденной площади теплопередающей поверхности подбираем один или несколько воздухоохладителей с учетом равномерного распределения воздуха по всему объему камеры (прил. 32).

Объемный расход воздуха ($\text{м}^3/\text{с}$)

$$V_B = Q_0 / [\rho(i_1 - i_2)], \quad (2.95)$$

где ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; определяется по психометрической таблице или по i – d диаграмме (прил. 33, 34); i_1, i_2 , – удельные энтальпии воздуха на входе и на выходе из воздухоохладителя, определяются по d – i диаграмме, $\text{Дж}/\text{кг}$ (см. прил. 34).

1.11 Расчет и подбор вспомогательных аппаратов

Включение в схему вспомогательного оборудования: отделителей жидкости, маслоотделителей, маслосборников, промежуточных сосудов, ресиверов, воздухоотделителей, насосов – улучшает работу охлаждающей системы, повышает ее эффективность, безопасность и надежность в эксплуатации.

1. Расчет и подбор циркуляционных, защитных, линейных и дренажных ресиверов.

Расчет и подбор ресиверов заключается в определении необходимой для данной системы вместимости сосуда, которая зависит от способа подачи хладагента в систему охлаждения.

Циркуляционные ресиверы устанавливают в насосно-циркуляционных схемах раздельно на каждую температуру кипения. Можно использовать как горизонтальные ресиверы в комплекте с отделителями жидкости, так и вертикальные ресиверы, одновременно выполняющие роль отделителей жидкости и емкости.

Расчет емкости ресиверов производят согласно правилам устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок.

Ресиверы подбирают по объему, который определяют в зависимости от назначения ресивера при условии его заполнения согласно схеме (прил. 35)

Вместимость линейного ресивера (м^3):

а) в автоматизированных насосно-циркуляционных системах с верхней подачей аммиака в приборы охлаждения

$$V_{л.р} = 0,3(V_{\text{б}} + V_{\text{во}})/0,8; \quad (2.96)$$

б) в автоматизированных насосно-циркуляционных системах с нижней подачей аммиака в приборы охлаждения и безнасосных системах

$$V_{л.р} = 0,45(V_{\text{б}} + V_{\text{во}})/0,8; \quad (2.97)$$

где $V_{\text{б}}$ – геометрический объем труб батарей, м^3 ; $V_{\text{во}}$ — геометрический объем труб воздухоохладителей, м^3 ;

в) в безнасосных аммиачных схемах с верхним расположением отделителя жидкости и в хладоновых установках

$$V_{л.р} = (1/2 + 1/3 m_{\text{д}} v_3)/0,8, \quad (2.98)$$

где $(1/2 \dots 1/3)m_{\text{д}}$ – массовый расход хладагента, проходящего через ресивер, кг/ч ; v_3 – удельный объем жидкости при $t_{\text{к}}$, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Вместимость дренажного ресивера должна соответствовать максимальной вместимости одного из аппаратов, например циркуляционного ресивера или наиболее аммиакоемких батарей одной из камер холодильника. В последнем случае вместимость дренажного ресивера $V_{\text{д.р}}$ определяется по формуле

$$V_{\text{д.р}} = (F_{\text{б}} \frac{V}{f} \alpha) / 0,8 = L_{\text{в}} \alpha / 0,8, \quad (2.99)$$

где $F_{\text{б}}$ – площадь поверхности всех батарей камеры, м^2 ; v – объем 1 м трубы, м^3 (см. прил. 31 табл. 31.1); f – площадь поверхности 1 м трубы, м^2 (см. прил. 31 табл. 31.1); α – норма заполнения батарей жидким хладагентом: при верхней подаче $\alpha = 0,3$, а при нижней подаче $\alpha = 0,7$; $L_{\text{в}}$ – длина труб в батареях, м.

Заполнение линейных и дренажных ресиверов допускается не более чем на 80% их объема.

Вместимость циркуляционного ресивера $V_{\text{ц.р}}$, (м^3) в схемах с нижней подачей аммиака в приборы охлаждения: вертикального РЦВ и РДВ

$$V_{\text{ц.р}} \geq 2,7(V_{\text{н.т}} + 0,2(V_{\text{б}} + V_{\text{во}}) + 0,3V_{\text{вс.т}}); \quad (2.100)$$

вертикального РЦВ со стояком и горизонтального РД, РЛД

$$V_{\text{ц.р}} \geq 2,0(V_{\text{н.т}} + 0,2(V_{\text{б}} + V_{\text{во}}) + 0,3V_{\text{вс.т}}); \quad (2.101)$$

горизонтального РД и РЛД со стояком

$$V_{\text{ц.р}} \geq 1,7(V_{\text{н.т}} + 0,2(V_{\text{б}} + V_{\text{во}}) + 0,3V_{\text{вс.т}}). \quad (2.102)$$

В схемах с верхней подачей аммиака в приборы охлаждения: вертикально-го РЦВ

$$V_{ц.р} \geq 2,7(V_{н.т} + 0,3V_{б} + 0,5V_{во} + 0,3V_{вс.т}); (2.103)$$

вертикального РДВ со стояком и горизонтального РД, РЛД

$$V_{ц.р} \geq 2,0(V_{н.т} + 0,3V_{б} + 0,5V_{во} + 0,3V_{вс.т}); (2.104)$$

горизонтального РД, РЛД со стояком

$$V_{ц.р} \geq 1,7(V_{н.т} + 0,3V_{б} + 0,5V_{во} + 0,3V_{вс.т}), (2.105)$$

где $V_{н.т}$ – геометрический объем нагнетательного трубопровода аммиачного насоса, $м^3$; $V_{вс.т}$ – геометрический объем трубопровода совмещенного отсоса паров и слива жидкости, $м^3$.

Вместимость защитных ресиверов ($м^3$) определяется по формулам:
горизонтальных РД, РЦЗ

$$V_{з.р.г} \geq (V_{б} + V_{во}) \cdot 0,4; (2.106)$$

вертикальных РДВ

$$V_{з.р.в} \geq (V_{б} + V_{во}) \cdot 0,5. (2.107)$$

Циркуляционные и защитные ресиверы подбирают отдельно для каждой испарительной системы по температурам кипения. Значения $V_{б}$ и $V_{во}$ определяют по формуле

$$V_{б(во)} = Fv / f, (2.108)$$

где F – площадь поверхности батарей или воздухоохладителей, $м^2$.

2. Расчет и подбор отделителей жидкости

Отделитель жидкости используется в аммиачных безнасосных схемах непосредственного охлаждения, рассчитывается и выбирается отдельно на каждую температуру кипения.

В насосно-циркуляционных аммиачных схемах непосредственного охлаждения отделитель жидкости целесообразно совместить с вертикальным циркуляционным ресивером.

Отделитель жидкости подбирают по диаметру всасывающего трубопровода компрессора (прил. 36 таб.36.1).

Необходимо привести техническую характеристику и габаритные размеры выбранных отделителей жидкости.

3. Расчет и подбор маслоотделителей и маслосборников

Маслоотделители включают в схему холодильной установки на нагнетательной стороне компрессора. Маслоотделителей выполняется по диаметру нагнетательного трубопровода компрессора (прил. 37 табл. 37.1).

Следует иметь в виду, что барботажные маслоотделители сняты с производства и заменены циклонными маслоотделителями с сетчатой набивкой.

Рекомендуется предусматривать индивидуальные маслоотделители после каждого компрессора с возвратом масла в картер для повторного использования (обычно эти маслоотделители входят в холодильные агрегаты и машины) при обязательной установке общего маслоотделителя перед конденсатором, который следует выбрать.

Одновременно с подбором маслоотделителей следует подобрать и маслосборники. Маслосборники подбираются в зависимости от наличия аппаратов высокого, среднего и низкого давления. В отдельных случаях можно ограничиться установкой маслосборников на стороне низкого и высокого давлений. Подбор маслосборников ведется по (прил. 38 табл. 38.1).

Необходимо произвести техническую характеристику и габаритные размеры выбранных аппаратов.

4. Подбор промежуточных сосудов

Подбор промежуточных сосудов выполняется по диаметру нагнетательного трубопровода ЦНД компрессора (прил.39 табл.39.1)или по поверхности змеевика

$$F_{3M} = Q_{3M} / (k\theta), \quad (2.109)$$

где $Q_{3M} = m_1 (i_5 - i_7)$ см.; $k = 580 \dots 700$ Вт/(м²•К) - коэффициент теплопередачи змеевика.

Число промежуточных сосудов рекомендуется принимать по числу холодильных машин двухступенчатого сжатия. В случае применения двухступенчатых холодильных машин, в комплект поставки которых входит промежуточный сосуд последний считать не следует.

Необходимо привести техническую характеристику и габаритные размеры выбранных промежуточных сосудов.

5. Расчет и подбор насосов

В насосно-циркуляционных схемах для создания равномерного потока жидкости в охлаждающие приборы, расположенные на расстоянии более 100 м, устанавливают аммиачные центробежные насосы.

Расчет насосов сводится к определению его объемной подачи

$$V_a = m v_{ж} a, \quad (2.110)$$

где m – массовый расход хладагента, кг/с (см. расчет и подбор одноступенчатого и двухступенчатого компрессора); $v_{ж}$ – удельный объем жидкого хладагента при t_0 , м³/кг; a – кратность циркуляции хладагента, т. е. отношение массы хладагента, подаваемого в охлаждающие приборы (кг/с), к массе испаряющегося в них хладагента (кг/с), при верхней подаче жидкости в приборы охлаждения $a = 8...10$; при нижней $a = 4...5$.

Подбор насоса по прил. 28 табл. 28.2.

6. Расчет и выбор трубопроводов холодильной установки

Расчет трубопроводов сводится к определению внутреннего диаметра по величине оптимальной скорости движения жидких и газообразных веществ в трубопроводах, исходя из уравнения непрерывности потока.

Внутренний диаметр труб

$$d = \sqrt{[4mv/(\pi\omega)]}, \quad (2.111)$$

где m – массовый расход хладагента через трубопровод, кг/с; v – удельный объем хладагента, м³/кг; ω – скорость движения хладагента по трубопроводу, м/с (табл.2.17).

Таблица 2.17

Скорость движения хладагента по трубопроводу

Трубопровод	Хладагент	Скорость, м/с
Всасывающий (для температуры кипения): $t_0 = 0...-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_0 = -30^{\circ}\text{C}$	R134a, R22 R717	8...15 10...20
Нагнетательный	R134a, R22 R717	10...18 12...25
Жидкостной:		
от конденсатора к ресиверу	R717	0,6
от ресивера к РВ	R134a, R22, R717	0,5...1,25

Подбор трубопроводов осуществляется по прил. 40 табл. 40.1.

7. Подбор воздухоотделителей.

Аппараты целесообразно устанавливать в системах, работающих при температуре кипения -30°C и ниже. Следует применять автоматические воздухоотделители АВ-4, конструкцию и схему включения которых принимать по прил. 41. В установках с высокими температурами кипения воздух удаляют двухтрубными воздухоотделителями, входящими в конструкцию линейных ресиверов.

1.12 Описание схемы холодильной установки

Приводится краткое описание работы заданной схемы холодильной установки; ее преимущества и недостатки в сравнении с возможными вариантами схем, с точки зрения поддержания температурно-влажностного режима в камерах холодильника; регулирования подачи хладагента в охлаждающие приборы; условий хранения продуктов и сохранения их качеств, а также экономии энергетических ресурсов, сырья, материалов.

17. Мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и охране окружающей среды

В этой главе нужно подробно описать:

- Технику безопасности при эксплуатации оборудования.
- Противопожарную технику.
- Охрану труда и окружающей среды.

Применение взрывоопасных и ядовитых веществ в качестве хладагентов создает повышенную опасность эксплуатации холодильных установок. Руководители и весь эксплуатационный персонал обязаны знать и строго исполнять требования по технике безопасности.

Меры безопасности при эксплуатации холодильных установок установлены в Постановлении Гостехнадзора от 9 июня 2003 года N 79 "Правила безопасности аммиачных холодильных установок", в ПОТ РМ 015-2000. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации фреоновых холодильных установок, утвержденные постановлением Минтруда от 22.12. 00 г. № 92 и других нормативных документах.

При обеспечении безопасной эксплуатации холодильных установок наряду с указанными Правилами следует руководствоваться также соответствующими требованиями действующих Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, ГОСТов и других нормативных правовых актов, содержащих нормативные требования к охране труда (с учетом особенностей и специфики холодильных установок). Вот некоторые из них:

✓ Содержание паров хладагента в воздухе рабочих зон не должно превышать значений, определенных действующими стандартами и гигиеническими нормативами, в том числе ГОСТ 12.1.005, ГН 2.2.5.686, ГН 2.2.5.692, ГН 2.2.5.794.

✓ Защита работников от опасностей, вызываемых движущимися частями оборудования холодильных установок, должна определяться требованиями ГОСТ 12.2.062.

✓ Допустимые уровни шума и защита от него на рабочих местах должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003 и санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562.

✓ Вибрационная безопасность на рабочих местах должна удовлетворять требованиям ГОСТ 12.1.012 и санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.566.

✓ Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать величин, установленных ГОСТ 12.1.038.

✓ Освещенность помещений должна определяться требованиями СНиП 23-05.

Планировка помещений и конструктивные здания компрессорных отделений должны удовлетворять специальным условиям, обеспечивающим свободную эвакуацию обслуживающего персонала при аварийных ситуациях и предотвращение разрушений зданий при авариях.

Сосуды, аппараты, трубопроводы и арматура должны быть испытаны давлением на прочность и плотность соответственно условиям, в которых они работают.

В аммиачных холодильных установках особое внимание обращается на предотвращение возможности попадания жидкости в рабочий объем компрессора. Для этой цели установка должна иметь отделители жидкости на всасывающей стороне компрессора, снабженные надежной сигнализацией и автоматикой, немедленно отключающей компрессор при превышении допустимого уровня жидкости в отделителе. Система должна быть оборудована ресиверами, объем которых был бы способен принять весь жидкий хладагент, сливающийся из приборов охлаждения и трубопроводов при остановке насосов.

Сосуды и аппараты, находящиеся под избыточным давлением, должны быть снабжены манометрами и предохранительными клапанами. Утечка хладагента через неплотности должна контролироваться и при обнаружении должна немедленно устраняться. Работы, при которых возможно соприкосновение с вредными веществами, должны выполняться в защитной одежде; где возникает особая опасность в противогазе.

При аварийной угрозе все оборудование в компрессорном отделении должно быть обесточено. Пункты аварийного отключения располагаются как внутри, так и вне здания на наружной стене у входных дверей в компрессорное отделение. В компрессорном отделении всегда должны находиться средства индивидуальной защиты, средства пожаротушения, медикаменты для оказания первой медицинской помощи пострадавшим.

Для каждой холодильной установки должны быть разработаны индивидуальные инструкции по эксплуатации и по технике безопасности. Обслуживающий персонал должен быть проинструктирован. Состояние приборов и средств, обеспечивающих безопасную работу установки, должно регулярно проверяться.

Для защиты работников, занятых эксплуатацией холодильных установок, от пониженных температур и повышенной подвижности воздуха в холодильных камерах и на наружных (открытых) площадках следует предусматривать для них спецодежду и спецобувь в соответствии с действующими нормативами.

Эксплуатация аммиачной холодильной установки должна осуществляться в соответствии с технологическим регламентом. Технологический регламент разрабатывается проектной организацией - разработчиком проекта, научно-исследовательской организацией или организацией, эксплуатирующей холодильную установку, по согласованию с проектной организацией - разработчиком проекта.

Защита работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов должна осуществляться также на основе выполнения требований пожарной безопасности, строительных и санитарных норм по размещению оборудования и устройству систем, помещений, требований безопасности при монтаже и ремонте.

Курение в машинных отделениях, а также в других помещениях, где установлено холодильное оборудование, запрещается.

Сварка и пайка при ремонте машин, агрегатов, аппаратов, трубопроводов действующих холодильных установок должны применяться под наблюдением старшего технического персонала и при наличии письменного разрешения работника, ответственного в организации за исправное состояние, правильную и безопасную эксплуатацию холодильных установок.

Перед сваркой или пайкой следует удалить хладагент из ремонтируемого холодильного оборудования или трубопровода. Сварка и пайка должны производиться в соответствии с требованиями Правил пожарной безопасности в Российской Федерации.

В каждой организации, эксплуатирующей холодильную установку (установки), приказом работодателя из числа специалистов, прошедших в установленном порядке проверку знаний правил охраны труда, должны быть назначены работники, ответственные:

а) за осуществление контроля за техническим состоянием и безопасной эксплуатацией холодильной установки (установок) и соблюдением требований ПОТ РМ 015-2000;

б) за исправное состояние, правильное и безопасное действие оборудования, трубопроводов, арматуры, контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА) и других устройств холодильной установки (установок).

К обслуживанию холодильных установок допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и имеющие документ об окончании специального учебного заведения или курсов; работники, прошедшие обучение и имеющие удостоверение, подтверждающее их квалификацию.

Холодильные установки, работающие на озоноразрушающих хладагентах, должны эксплуатироваться с обязательным сбором хладагента для его утилизации при ремонтах (ревизиях) установок.

Охрана окружающей природной среды обеспечивается тщательной герметизацией холодильных систем, недопущением выбросов хладагентов при ремонтах, освидетельствованиях, демонтаже оборудования и трубопроводов, контролем за недопущением утечек хладагентов во время выработки холода в соответствии с инструкциями организаций - изготовителей холодильных установок.

По степени озоноразрушающей активности озонового слоя Земли галоидопроизводные углеводороды разделены на три группы:

➤ хладагенты с высокой озоноразрушающей активностью — это хлорфторуглероды (ХФУ) R11, R12, R13, R113, R114, R115, R502, R503, R12B1, R13B1 (или по международному обозначению CFC11, CFC12, CFC13 ит.д.) и др.;

➤ хладагенты с низкой озоноразрушающей активностью — это гидрохлорфторуглероды (ГХФУ) R21, R22, R141b, R142b, R123, R124 (или по международному обозначению HCFC21, HCFC22, HCFC141b и т. д.) и др., в молекулах которых содержится водород. Для этих веществ характерно меньшее время существования в атмосфере по сравнению с ХФУ, и, как следствие, они оказывают меньшее влияние на разрушение озонового слоя. Ряд многокомпонентных рабочих тел, предлагаемых в качестве альтернативы ХФУ, содержат в своем составе ГХФУ, например R22;

➤ хладагенты, не содержащие атомов хлора [фторуглероды ФУ (FC), гидрофторуглероды ГФУ (HFC), углеводороды (HC) и др.], считаются полностью озонобезопасными. Таковыми являются хладагенты R134, R134a, R152a, R143a, R125, R32, R23, R218, R116, RC318, R290, R600, R600a, R717 и др.

В качестве альтернативы запрещенным к производству хладагентам рассматриваются следующие классы веществ:

- ✓ гидрохлорфторуглероды (ГХФУ);
- ✓ гидрофторуглероды (ГФУ);
- ✓ природные хладагенты — аммиак, диоксид углерода, вода, углеводороды.

Для замены R12 с начала 90-х годов основными мировыми производителями химической продукции был разработан и выпускается однокомпонентный озонобезопасный хладагент R134a.

Значительное внимание уделено операции по замене (ретрофиту) хладагента R401A, 409A, R401B; R500 на R401B; R502 на R404A, R507, R408A, R402B; R22 на R407Si другие хладагенты, заправке холодильных систем хладагентами R717 и R600a.

В связи с подписанием Правительством России Монреальского Протокола об отказе от использования озоноразрушающих хладагентов (фреонов, хладон) группы хлорфторуглеродов ХФУ (или по международным обозначениям СРС): R11, -12, -13, -113, -114, 115, -502, -503, -12B1 и -13B1, содержащих атомы хлора или брома, выпускаемое в России и поставляемое из-за рубежа новое холодильное оборудование должно работать на веществах, не входящих в перечисленный ряд.

Замена хладагента и масла на другие марки в холодильных установках в предусмотренных случаях должна производиться только специализированными организациями, имеющими разрешительные документы на выполнение этих работ.

Работодатели проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.004 обучение работников холодильных установок безопасности труда, а также осуществляют контроль за своевременностью и качеством их обучения.

Периодическая проверка знаний младшего обслуживающего персонала правил, нормативных документов по техническому обслуживанию холодильной установки и охране труда, а также практических действий должна проводиться не реже 1 раза в год комиссией, состоящей из специалистов по холодильной технике и охране труда. Состав комиссии утверждается работодателем.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

Нормативные документы:

1. Об утверждении Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации фреоновых холодильных установок [Электронный ресурс]: Постановление Минтруда РФ от 22.12.2000 N 92. // КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=79841;dst=0;ts=82664C35B6091B73521C118DC449AD2E;rnd=0.518063740823811> – Загл. с экрана. – Дата обращения: 12.03.2015.
2. Об утверждении Правил безопасности аммиачных холодильных установок [Электронный ресурс]: Постановление Госгортехнадзора РФ от 09.06.2003 N 79 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 N 4779) // КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=43343>. – Загл. с экрана. Дата обращения: 12.03.2015.
3. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Электронный ресурс]. – Введ. 29-09-1988(ред. от 20.06.2000)// КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=136806;dst=0;ts=73810FB5921AB7A81C9B80F6FA7E778F;rnd=0.008966543340491628>– Загл. с экрана. – Дата обращения: 15.03.2015.
4. ГОСТ 2.104-2006. Единая система конструкторской документации. Основные надписи [Электронный ресурс]. – Введ. 22-06-2006// КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=6528;dst=0;ts=5D53C2514D289F3B3841C970AD8D11BA;rnd=0.139082582502713> - Загл. с экрана. – Дата обращения: 15.03.2015.
5. ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам [Электронный ресурс]. – Введ. 08-08-1995(ред. от 22.06.2006) // КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=6951;dst=0;ts=22B5BC14BFCAC5E28A666B516D54559E;rnd=0.794405154232157>- Загл. с экрана. – Дата обращения: 16.03.2015.
6. ГОСТ 2.106-96. Единая система конструкторской документации. Текстовые документы [Электронный ресурс]. – Введ. 13-11-1996(ред. от 22.06.2006) // КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=6955;dst=0;ts=BA2D19E280877CB6D114828223378E28;rnd=0.2901069496663824>- Загл. с экрана. – Дата обращения: 16.03.2015.
7. ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации. Форматы. [Электронный ресурс]. – Введ. 01-12-1967 (ред. от 22.06.2006) // КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=6948&_ga=1.2

13636436.1979326082.1427869254- Загл. с экрана. – Дата обращения: 19.03.2015.

8. ГОСТ 2.316-68 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.[Электронный ресурс]. – Введ. 01-12-1967 (ред. от 01.01.2002) // КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа:<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=5594;dst=0;ts=01223C5547389B38E54CEF45CC98E505;rnd=0.15127697646564042-> Загл. с экрана. – Дата обращения: 19.03.2015.

9. ГОСТ 2.721-74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.[Электронный ресурс]. – Введ. 01-12-1967 (ред. от 01.01.2002) // КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа:<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=7653;dst=0;ts=C75E82C0A3F12E4F3993EB6AA6D868FE;rnd=0.5579903502492893> - Загл. с экрана. – Дата обращения: 19.03.2015.

10. ГОСТ 7.1-2003 Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. [Электронный ресурс]. – Введ. 25-11-2003// КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=369399&_ga=1.50044262.1979326082.1427869254- Загл. с экрана. – Дата обращения: 1.04.2015.

11. ГОСТ 7.82-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. [Электронный ресурс]. – Введ. 04-09-2001 // КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа:<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=9828;dst=0;ts=0A3907389C22F9BCCA533372F19175D;rnd=0.6477838810763047> Загл. с экрана. – Дата обращения: 1.04.2015.

12. ГОСТ Р 7.0.5-2008. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. [Электронный ресурс]. – Введ. 28-04-2008 // КонсультантПлюс: сайт. – Режим доступа:http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=528157&_ga=1.212589012.1979326082.1427869254 -Загл. с экрана. – Дата обращения: 1.04.2015.

Литература:

1. Бабакин, Б. С. Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе / Б.С. Бабакин, В.И. Стефанчук, Е.Е. Ковтунов – М.: Колос, 2000. – 160 с.: ил.
2. Лашутина, Н. Г. Холодильные машины и установки [Текст]: учебное пособие / Н.Г. Лашутина, Т.А. Верхова, В.П. Суедов– М.: КолосС, 2006. – 440 с.: ил.
3. Полевой, А.А. Монтаж холодильных установок машин/ А.А. Полевой.– СПб.: Профессия, 2011. – 264 с.: ил.,табл.

4. Румянцев, Ю.Д. Холодильная техника [Текст]: учебное пособие / Ю.Д. Румянцева, В.С. Колюнов - СПб.: Изд-во «Профессия», 2003 – 360 с., ил.
5. Свердлов, Г.З. Курсовое проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха / Г.З. Свердлов, Б.К. Явнель – 21 изд. М: Пищевая промышленность, 1978. -264с.
6. Холодильная техника и технология: учебник / О.А. Цуканов, А.Г. Крысин; под ред. В.А. Гуляева – СПб.: лидер, 2004. – 448 с.: ил.

185

70

50

115

20

70

14

5

(26)

(14) (15) (16) (17) (18)

Изм. Лист. № докум. Подп. Дата

Разраб.

Проб.

(10) (11) (12) (13)

утв.

(2)

(1)

(3)

Лит. (4) (5) (6)

5 5 5 17 18

Лист (7) Листов (8)















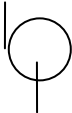
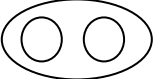



20

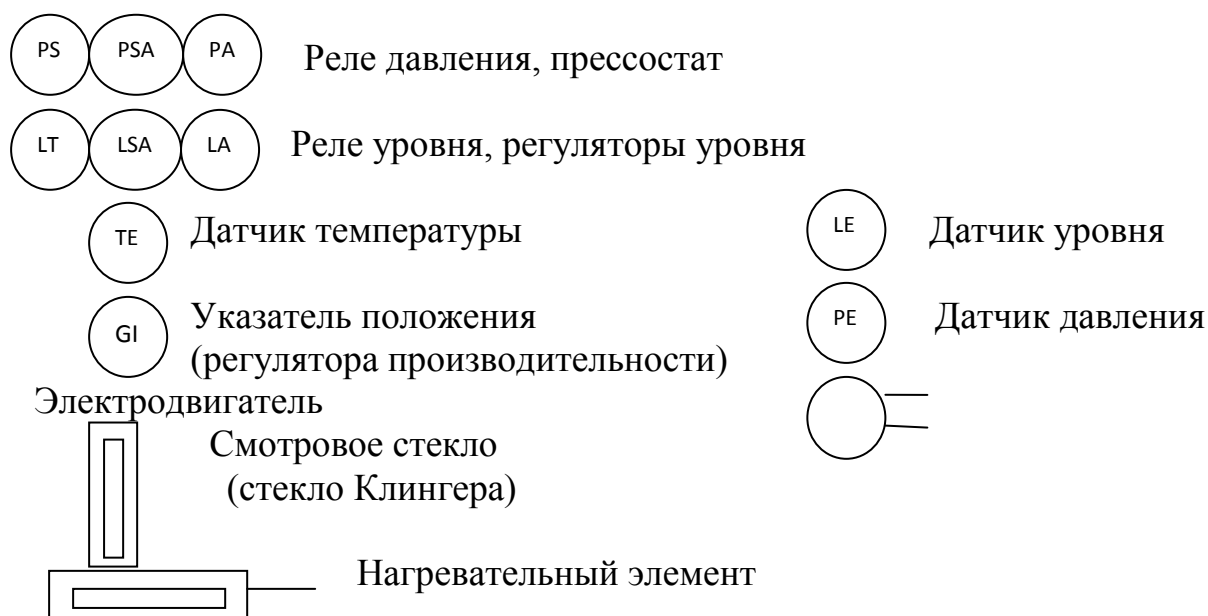
(9)

Формат (32)

Рис. 1. Основная надпись на чертежах.

Условные обозначения, принятые в схемах холодильных установок.

	Запорный вентиль
	Угловой запорный вентиль с маховиком
	Угловой регулирующий вентиль
	Трехходовой вентиль
	Клапан (вентиль) соленоидный
	Трехходовой регулирующий вентиль
	Клапан обратный прямоточный
	Клапан обратный угловой
Направление потока:	
	- пар
	- жидкость
	- парожидкостная смесь
Реверсивный поток	
	- пара
	- жидкости
	Воронка
	Фильтр-грязевик; сетчатый фильтр
	Клапан предохранительный
	Насос центробежный
	Насос шестеренчатый
	Манометр
	Термометр
	де протока



А – холодильные агрегаты
 Б – батареи непосредственного охлаждения, рассольные
 БЗ – батарея змеевиковая
 БР – бак расширительный
 Д – детандер
 ДК – дренажный коллектор
 ЖК – жидкостный коллектор
 И – испаритель
 ИК – испаритель кожухотрубный
 ИП – испаритель панельный
 Кд – конденсатор
 Км – компрессор
 М – электродвигатель (мотор)

МО – маслоотделитель
 МС – маслозаправочный сосуд
 НВ – насос водяной
 НР – насос рассольный
 НЦ, НГ – насос центробежный, герметичный аммиачный
 НМ, НШ – насос масляный, шестеренный
 ОВ – отделитель воздуха
 ОЖ – отделитель жидкости
 ОК – оттаивательный коллектор
 П – переохладитель
 ПК – паровой коллектор

Трубопроводы. Рабочая среда.

1 - вода	а – аварийный	ж – жидкость
2 - водный пар	д – дренажный	п - пар
3 - воздух	о - оттаивательный	
11 - аммиак	г - горячий	
14 – смазочное масло	т - теплый	
18 – фреон	х - холодный	
28 - хладоноситель	у - уравнивательный	

Приложение 5
Таблица 5.1

Расчетные параметры наружного воздуха

Город	Географическая широта	Глубина промерзания глинистых и суглинистых грунтов, см	Температура, °С			Относительная влажность, %	
			средне годовая	расчетная летняя	расчетная зимняя	расчетная летняя	расчетная зимняя
Алма-Ата	44	95	8,7	34	-25	35	68
Архангельск	64	165	0,8	27	-32	63	88
Астана	52	180	1,4	33	-35	42	80
Астрахань	48	90	9,4	34	-22	37	79
Ашхабад	36	–	16,3	40	-11	21	65
Баку	40	–	14,4	34	-4	46	72
Барнаул	52	210	1,1	31	-39	44	67
Батуми	40	–	14,4	29	-1	71	68
Бишкек	44	85	9,8	35	-23	31	63
Брест	52	80	7,4	25	-20	55	82
Брянск	52	100	4,9	30	-24	53	84
Вильнюс	56	85	6,2	28	-23	58	84
Владивосток	44	–	4,0	23	-25	75	90
Владикавказ	44	–	7,9	30	-14	61	74
Владимир	56	135	3,4	29	-27	57	85
Вологда	60	150	2,2	28	-31	61	84
Волгоград	48	115	7,6	35	-22	33	83
Воронеж	52	130	5,4	33	-25	47	83
Грозный	44	–	10,1	34	-16	47	84
Днепропет-	48	90	8,5	33	-24	43	83
Душанбе	40	–	14,2	36	-14	24	56
Екатеринбург	56	190	1,2	30	-31	54	77
Ереван	40	–	11,6	35	-19	32	66
Запорожье	48	85	9,0	34	-23	42	82
Иваново	56	130	2,7	30	-28	56	84
Иркутск	52	ВМГ	-1,1	29	-38	58	78
Казань	56	165	2,8	30	-30	53	83
Киев	52	170	7,2	31	-21	52	82
Кишинев	48	–	9,4	32	-15	45	76
Краснодар	44	–	10,8	34	-19	46	79
Красноярск	56	ВМГ	0,5	30	-40	56	69
Куйбышев	52	160	3,8	32	-27	48	84
Курск	52	115	5,4	30	-24	53	86
Луганск	48	80	7,0	33	-25	39	81

Продолжение (пр.5 таб5.1)

Город	Географическая широта	Глубина промерзания глинистых и суглинистых грунтов, см	Температура, °С			Относительная влажность, %	
			средне годовая	расчетная летняя	расчетная зимняя	расчетная летняя	расчетная зимняя
Львов	48	–	6,7	29	-19	58	80
Минск	52	90	5,4	28	-25	56	85
Москва	56	140	4,8	30	-25	54	83
Мурманск	68	ВМГ	0,0	25	-28	63	85
Нижний Новгород	56	155	3,1	29	-30	56	84
Новороссийск	44	–	12,7	33	-13	53	72
Новосибирск	56	220	-0,1	30	-39	56	77
Одесса	48	–	9,9	32	-18	55	81
Омск	56	215	0,0	31	-37	52	80
Оренбург	52	160	3,9	34	-29	40	78
Пермь	56	190	1,5	29	-34	57	83
Полтава	48	80	7,0	31	-22	48	85
Рига	56	90	5,6	27	-20	63	83
Ростов-на-Дону	48	90	8,7	33	-22	41	84
Самарканд	40	–	12,9	37	-13	25	61
Санкт-Петербург	60	120	4,3	27	-25	59	85
Саратов	52	145	5,3	33	-25	41	83
Смоленск	56	110	4,4	28	-26	60	88
Сочи	44	–	13,4	32	-15	70	68
Таллин	60	95	5,0	26	-21	71	85
Тамбов	53	130	4,8	32	-27	49	83
Ташкент	40	–	13,3	37	-15	24	62
Тбилиси	40	–	12,7	34	-7	40	59
Томск	56	210	-0,6	29	-40	59	78
Тюмень	56	ВМГ	1,3	31	-35	58	78
Уфа	56	180	2,8	32	-29	53	82
Хабаровск	48	100	1,4	32	-32	67	71
Харьков	52	100	6,9	32	-23	47	81
Херсон	48	–	9,8	33	-18	41	83
Чита	52	ВМГ	-2,7	32	-38	53	64
Ялта	44	–	13,0	33	-6	56	71
Ярославль	56	145	2,7	28	-31	58	82

*При глубине промерзания грунта менее 80 см в соответствующей графе прочерк.

** ВМГ – зона вечномёрзлых грунтов.

Расчетные технологические данные охлаждаемых помещений холодильников

Камеры	Расчетные параметры воздуха		Температура, °С		Продолжи- тельность хо- лодильной об- работки, ч
	t, °С	влаж- ность, %	поступления продукта	выпуска продукта	
Распределительные холодильники					
Морозильные Хранения: мороженных грузов охлажденных	-30	95-98	4	-18	18-20
	-20	90-95	-8	-20	24
	-2...0	85-90	8	0	24
Холодильники мясокомбинатов					
Замораживания: мяса	-30...-35	95-98	38	-18	28-22
	-30...-35	95-98	38	-18	10-8
Охлаждения: мяса	-2	95-98	38	4	16-18
	-2	95-98	38	4	6-8
Хранения: охлажденных мя- са и субпродуктов мороженных мяса и субпродуктов жира в бочках	-1	85-90	4	0	24
	-20	90-95	-8	-20	24
	-20	85-90	8-10	-18	24
Холодильники молочных заводов					
Хранения молочной продукции	0	80-85	10	4	4
Краткосрочного хра- нения масла	-5...-8	80-85	15	0	24
Хранения сметаны и творога	0	85	15	4	24
Длительного хранения творога	-20	90	-8	-18	24
Фруктовые холодильники					
Хранения: яблок винограда	-1...0	85-90	20	2-4	24
	-1...0	85-90	8	0-2	24

**Структура вместимости охлаждаемых помещений распределительного
холодильника**

Вместимость распределительного холодильника В, усл. т	Вместимость камер хранения, % от общей вместимости			Суточная про- изводи- тельность ка- мер домо- раживания, % от общей вме- стимости камер хранения мо- роженого мяса
	мороженных продуктов, $t_{\text{в}} = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$	охлажденных продуктов, $t_{\text{в}} = 0...-2\text{ }^{\circ}\text{C}$	с универсальным температурным режимом, $t_{\text{в}} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}/-20^{\circ}\text{C}$	
250 400 700 1000	50-65	50-35	-	-
1500 3000	60	15	25	До 1
5000 10000 и более	75	10	15	До 0,5

Приложение 8

Таблица 8.1

Норма загрузки 1 м³ грузового объема камер и коэффициенты пересчета
условный груз

Продукт	Норма Загрузки g _v , т/м ³	Коэффициент пересчета	Продукт	Норма загрузки g _v , т/м ³	Коэффи- циент пересчета
Говядина моро- женная:			Масло сливочное при укладке на поддонах:		
в четвертинах	0,40	0,87	в деревянных ящиках	0,63	0,56
в полутушах	0,30	1,17	в картонных ящиках	0,7	0,50
в полутушах и четвертинах	0,35	1,00	Жиры животные топле- ные в деревянных боч- ках	0,40	0,87
Баранина моро- женная	0,28	1,25	Маргарин:		
Свинина мороже- ная	0,45	0,78	в картонных ящиках	0,70	0,50
Мясо и субпро- дукты мороженные в блоках	0,60	0,58	в деревянных бочках	0,43	0,81
Мясо кроличье мороженое в де- ревянных ящиках	0,28	1,25	Птица мороженная:		
Колбасные изде- лия в деревянных ящиках	0,40	0,87	в деревянных ящиках	0,34	1,03
Копчености в де- ревянных ящиках			в картонных ящиках	0,38	0,92
Рыба мороженная без тары	0,50	0,70	Яйца:		
Рыба соленая в деревянных бочках	0,45	0,78	в деревянных ящиках с прокладкой из картона	0,27	1,30
Сыры:	0,37	0,95	в картонных ящиках		
без тары в дере- вянных ящиках			Яичный меланж моро- женный	0,24	1,46
в деревянных ба- рабанах	0,50	0,7	Сгущенное молоко	0,55	0,64
Творог:			в деревянных и картон- ных ящиках	0,47	0,74
в кадках			Консервы:		
брикеты в короб- ках	0,46	0,76	в деревянных ящиках		
Сметана в бочках			в картонных ящиках	0,41	0,85
Маргарин фасо- ванный	0,71	0,49	Сыр плавленый в дере- вянных ящиках	0,50	0,70
Сгущенное моло- ко:	0,60	0,58	Рыба мороженная:	0,67	0,52
в деревянных бочках	0,75	0,47	в деревянных ящиках		
	0,57	0,61	Рыбное филе мороженое	0,39	0,90
	0,57	0,61	в картонных ящиках	0,55	0,64
			Яблоки и груши		
			в деревянных ящиках		
			Цитрусовые:	0,34	1,03
			в фанерных ящиках	0,32	1,09
			в картонно-деревянных ящиках	0,30	1,17
			Виноград и то- маты	0,30	1,17
			в лотках		
			Лук репчатый	0,34	1,03
			Морковь	0,32	1,09
			Сыр без тары	0,30	1,17
			Арбузы и дыни	0,40	0,87
			Яблоки и груши	0,4	0,78

Продолжение (прил.8 таб. 8.1)

Продукт	Норма загрузки g_v , т/м ³	Коэффициент пересчета	Продукт	Норма загрузки g_v , т/м ³	Коэффициент пересчета
в фанерных ка- ках	0,74	0,47	Капуста кочанная	0,30	1,17
Яичные и молоч- ные продукты су- хие в фанерных барабанах и кар- тонных ящиках	0,40	0,87			
Молоко сухое в крафт-мешках					
Плоды и овощи сушеные	0,60	0,58			
в деревянных ящиках	0,35	1,00			
Мороженое на рейках без стел- лажей:					
в картонных ко- робках					
в контейнерах	0,17	2,06			
в гильзах					
Мороженое на стеллажах	0,33	1,06			
	0,21	1,67			
в картонных ко- робках	0,23	1,52			
При укладке в контейнерах:					
сметана в бочках	0,46	0,76			
творог в кадках	0,45	0,78			
морковь	0,36	0,97			
свекла	0,46	0,78			
лук репчатый	0,38	0,92			
картофель	0,50	0,70			

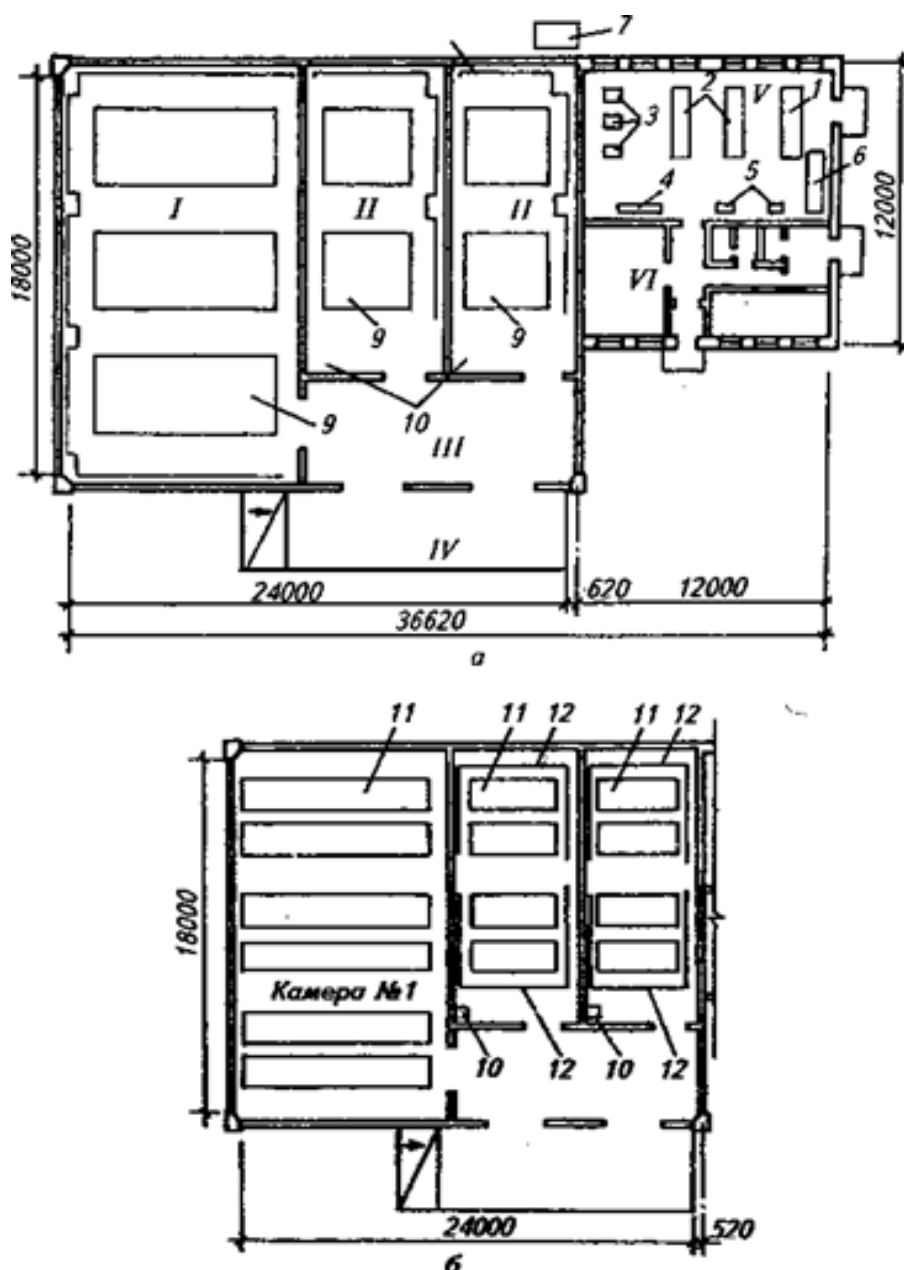


Рис. 9.1. Распределительный холодильник вместимостью 400 т:

а - с охлаждающими батареями из стальных оребренных труб; б- с охлаждающими батареями из стеклянных труб; I- камера для мороженных грузов; II - камеры универсальные; III - тамбур; IV- автомобильная платформа; V- машинное отделение; VI - помещение КИП; 1 - холодильная машина МКТМ-2-1; 2- холодильные машины МКТШ-2-0; 3 - рассольные электронасосы; 4 - подогреватель рассола; 5- водяные центробежные насосы; 6- бак для воды; 7- бак для рассола; 8- пристенная батарея стальная; 9- потолочные батареи стальные; 10- агрегаты вентиляторные; 11 - потолочные батареи стеклянные; 12- пристенные батареи стеклянные.

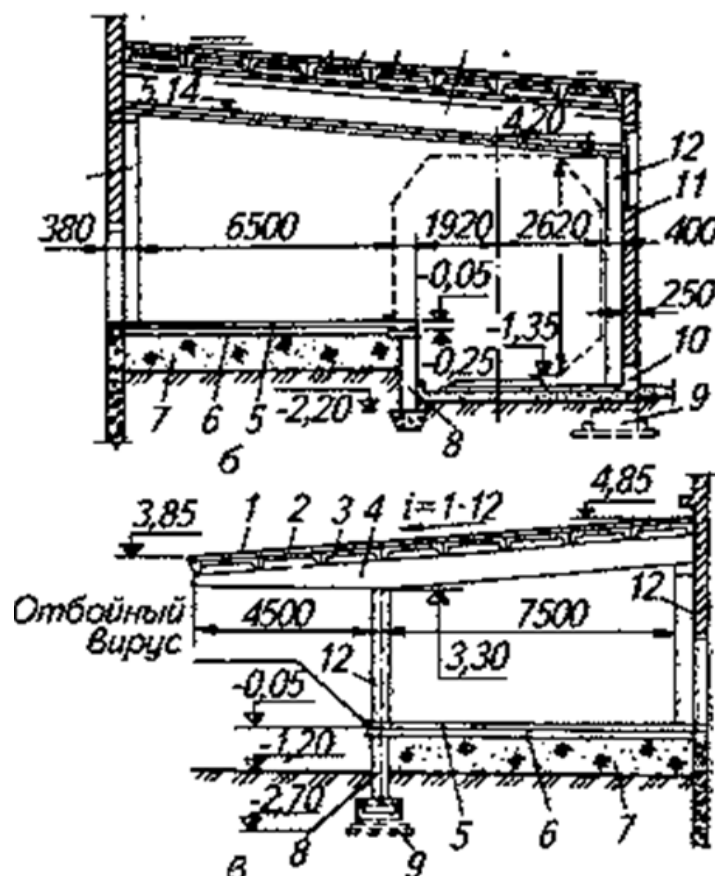


Рис. 10.1. Платформы холодильника:

б, в – конструкции дебаркадера и автомобильной платформы; 1 – кровля из рулонных материалов; 2 – выравнивающая цементная стяжка; 3 – сборная ребристая железобетонная плита; 4 – сборная железобетонная балка; 5 – пал; 6 – бетонная подготовка; 7 – утрамбованный грунт; бетонная подпорная стенка; 9 – фундамент колонны; 10 – фундаментная балка; 11 – стена дебаркадера; 12 – сборная железобетонная колонна.

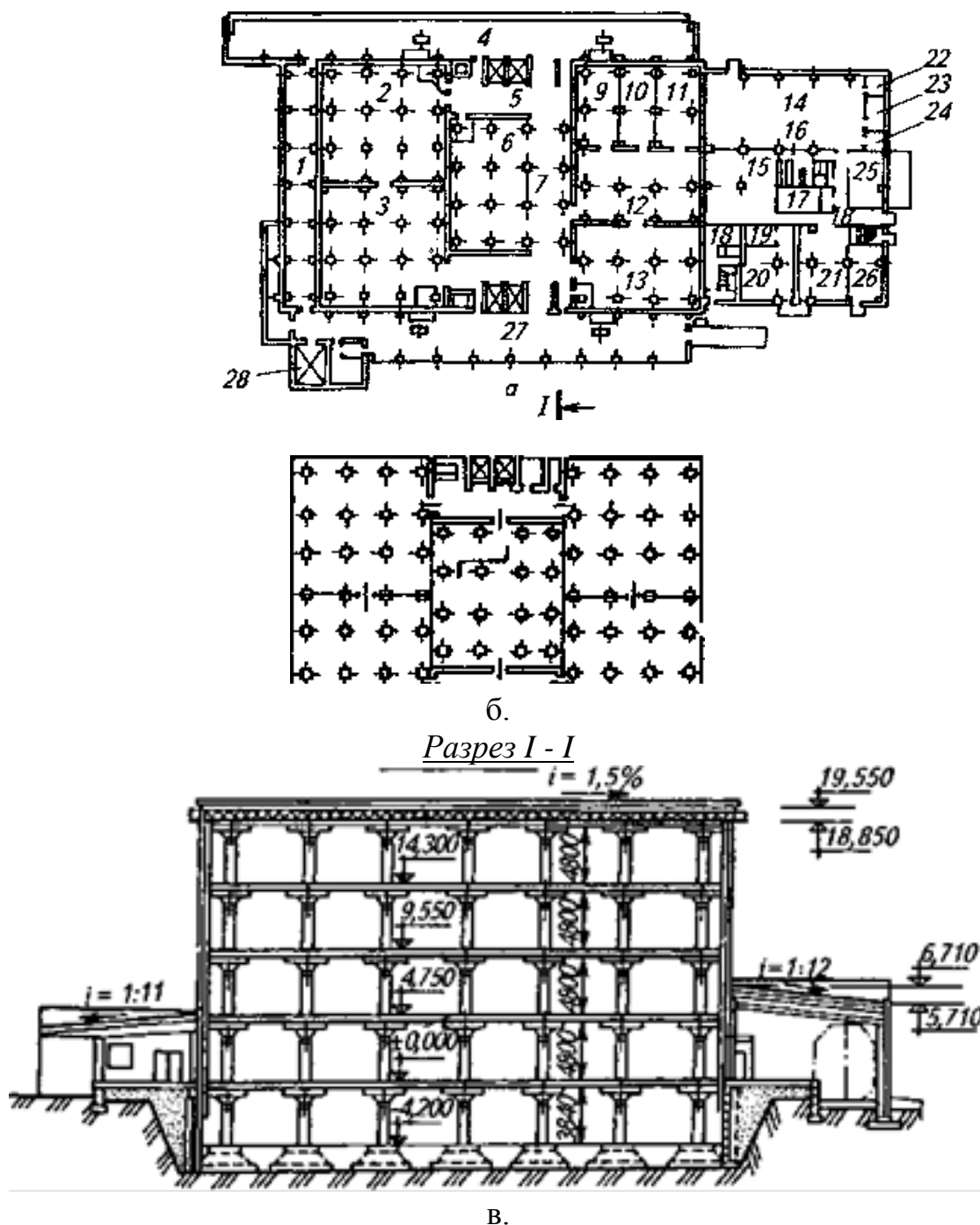


Рис. 11.1. Многоэтажный распределительный холодильник
вместимостью 10 000т:

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, вестибюли; 6, 13 – камеры хранения охлажденного мяса; 7 – коридор; 9–11 – камеры замораживания; 12 – накопительно-разгрузочная камера; 14 – машинное отделение; 15 – материальный склад; 16 – гардероб; 17 – тепловой пункт; 18 – кладовая; 19 – электролитное отделение; 20 – зарядная станция; 21 – профилакторий и стоянка электропогрузчиков; 22 – лаборатория; 23 – помещение КИПиА; 24 – комната механиков; 25 – щитовое отделение; 26 – механическая мастерская; 27 – автомобильная платформа; 28 – моечная инвентаря; 29 – комната кладовщиков.

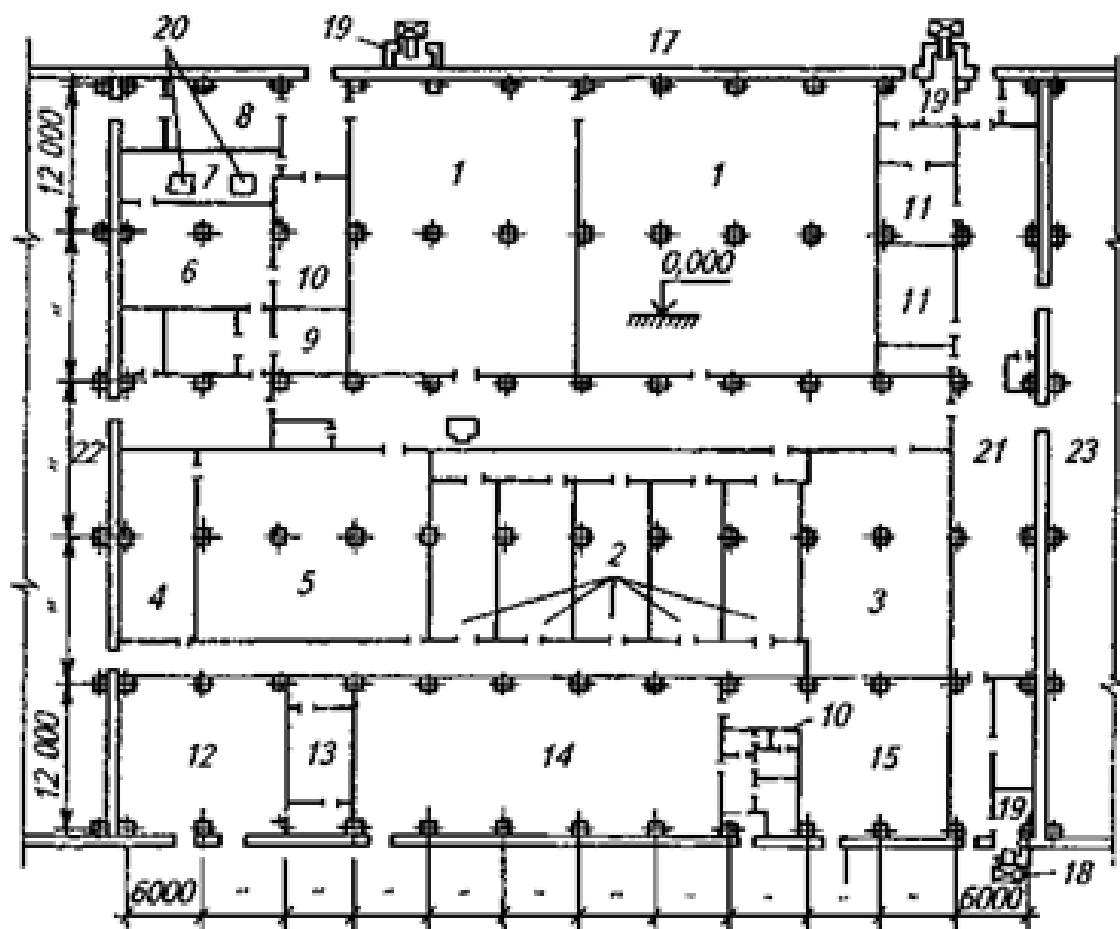


Рис. 12.1. Планировка одноэтажного производственного холодильника мясокомбината:

1 – камеры хранения мороженого мяса; 2 – камеры замораживания мяса; 3 – универсальная камера; 4 – камера охлаждения мяса; 5 – камера накопления и хранения охлажденного мяса; 6, 7 – камеры замораживания и упаковки блочного мяса; 8 – камера хранения жира; 9, 10 – камеры замораживания и хранения субпродуктов; 11 – камеры некондиционных грузов; 12 – трансформаторная; 13 – КИП; 14 – компрессорное отделение; 15 – аппаратное отделение; 16 – бытовые помещения; 17 – железнодорожная платформа; 18 – весы; 19 – весовые; 20 – морозильные аппараты; 21 – экспедиция; 22 – мясожировой корпус; 23 – мясоперерабатывающий корпус.

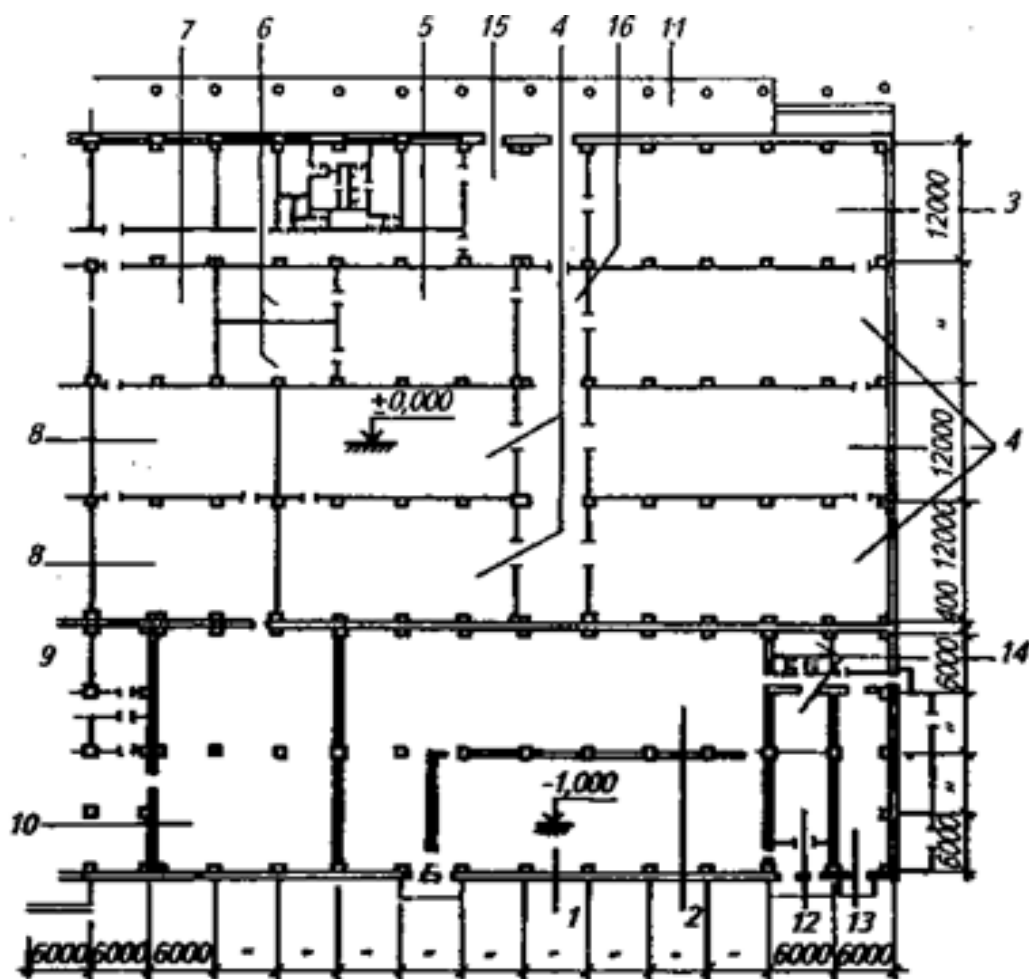


Рис. 13.1. Одноэтажный холодильник вместимостью 2000 т.
городского молочного завода:

1—компрессорный цех; 2 —аппаратное отделение; 3—камера хранения сливок (-20°C); 4— ка-
меры хранения творога (-20°C); 5— камера предварительного охлаждения творога и сливок
(0°C); 6—камера замораживания (-30°C); 7— контейнерная (-10°C); закалочные камеры для мо-
роженого (-30°C); 9— молочный завод; 10— аппаратная цеха мороженого; 11—автомобильная
платформа; 12—электрощитовая; 13—трансформаторная подстанция; 14— подсобно-бытовые
помещения; 15—экспедиция; 16— коридор.

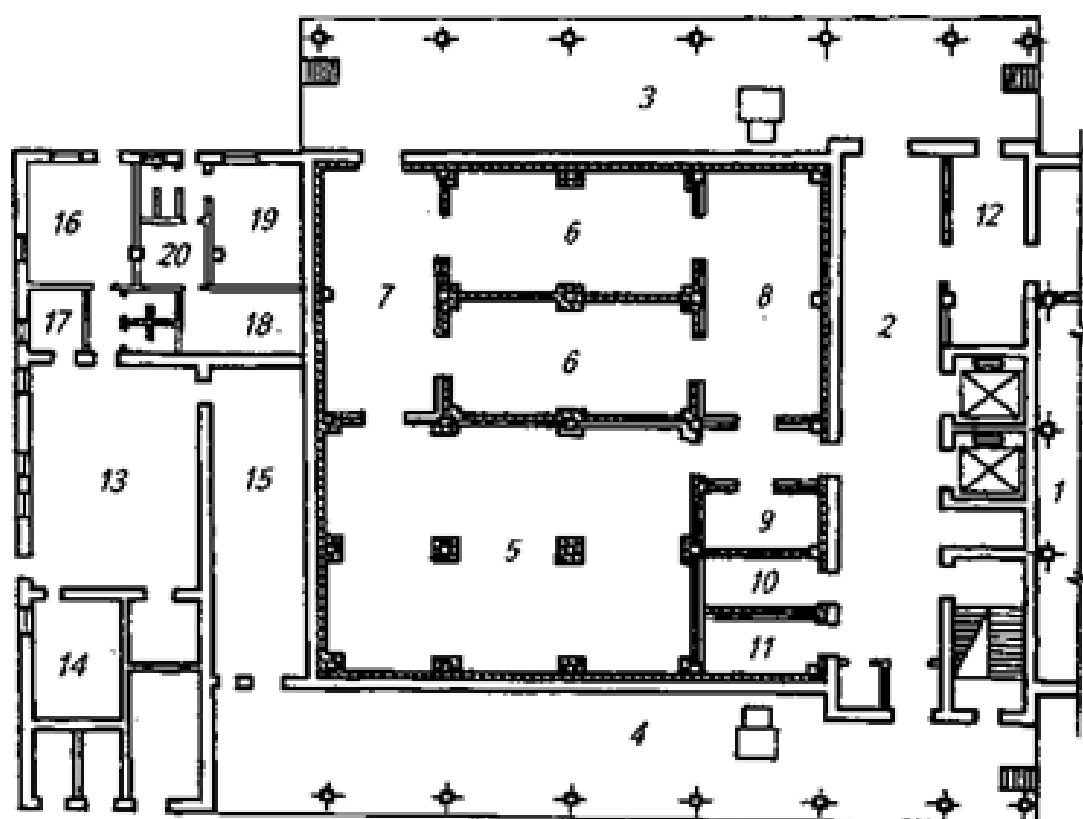


Рис. 14.1. Рыбный холодильник:

1 – рыбообрабатывающий корпус; 2–вестибюль (экспедиция); 3 – железнодорожная платформа; 4 – автомобильная платформа; 5–камера хранения мороженой рыбы и льда; 6 – морозилки; 7–приемная; упаковочная; 9–хранение икры; 10– хранение кулинарии; 11 – хранение отходов; 12–хранение копченостей; 13 – машинное отделение; 14–трансформаторная ; 15–льдозавод; 16– механическая мастерская; 17– комната механика; 18– сушилка; 19– помещение обогрева; 20– гардероб.

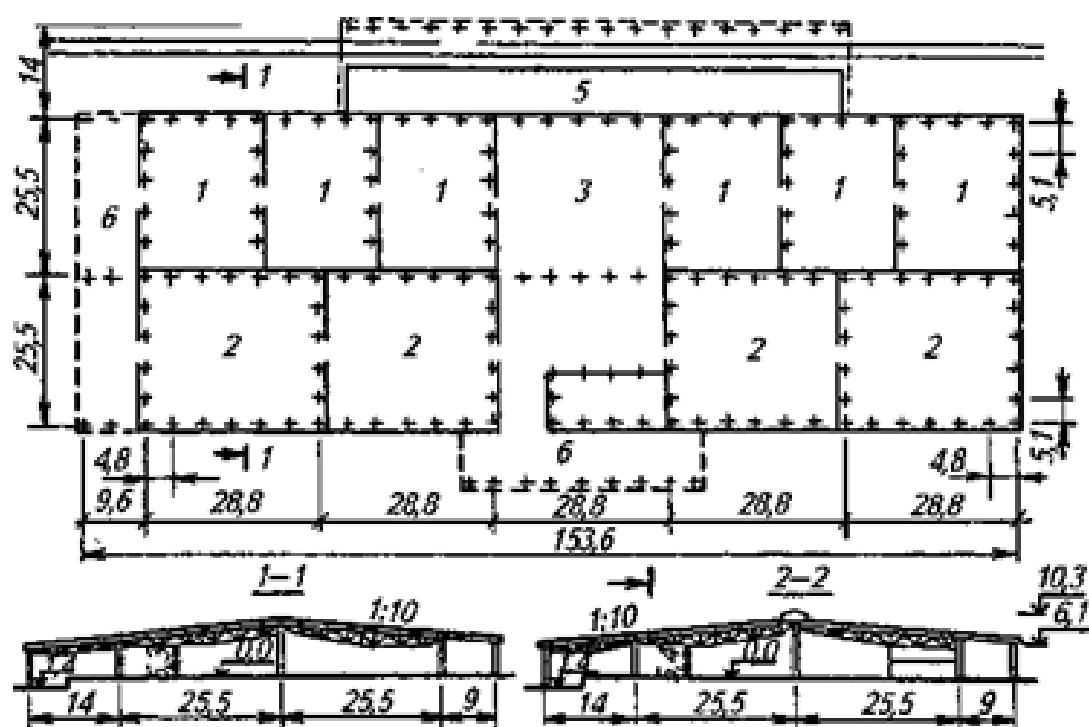


Рис. 15.1. Овощная база:

1 – холодильные камеры; 2 – неохлаждаемые камеры; 3 – цех товарной обработки; 4 – бытовые и конторские помещения; 5 – грузовая платформа; 6 – навес.

Приложение 16

Таблица 16.1

Нормативные коэффициенты теплопередачи наружных ограждений
и покрытий, Вт/(м² К)

Среднегодовая температура воздуха в районе строительства холодильника t_{cr} , °C	Температура воздуха в охлаждаемых помещениях, °C							
	-40...-30	-25...-20	-15...-10	-5	-2	0	5	12
$t_{cr} = -2^{\circ}\text{C}$	$\frac{0,21}{0,20}$	$\frac{0,26}{0,24}$	$\frac{0,32}{0,30}$	$\frac{0,39}{0,36}$	$\frac{0,41}{0,37}$	$\frac{0,42}{0,38}$	$\frac{0,48}{0,39}$	$\frac{0,53}{0,44}$
$-2^{\circ}\text{C} < t_{cr} < 7^{\circ}\text{C}$	$\frac{0,20}{0,19}$	$\frac{0,23}{0,22}$	$\frac{0,28}{0,27}$	$\frac{0,36}{0,30}$	$\frac{0,40}{0,34}$	$\frac{0,42}{0,36}$	$\frac{0,48}{0,39}$	$\frac{0,53}{0,44}$
$t_{cr} \geq 7^{\circ}\text{C}$	$\frac{0,19}{0,17}$	$\frac{0,21}{0,20}$	$\frac{0,23}{0,23}$	$\frac{0,27}{0,26}$	$\frac{0,29}{0,28}$	$\frac{0,30}{0,29}$	$\frac{0,36}{0,33}$	$\frac{0,46}{0,37}$

Таблица 16.2

Нормативные коэффициенты теплопередачи перегородок между камерами
и междуэтажными перекрытиями, Вт/(м² К)

Температура воздуха в более теплом помещении, °C	Температура воздуха в более холодном помещении, °C							
	-30	-20	-10	-5	-2	0	5	12
-30	0,59	–	–	–	–	–	–	–
-20	0,46	0,59	–	–	–	–	–	–
-10	0,29	0,37	0,59	–	–	–	–	–
-5	0,25	0,30	0,46	0,59	0,60	–	–	–
0	0,23	0,28	0,37	0,46	0,54	0,59	–	–
5	0,22	0,25	0,31	0,37	0,42	0,46	0,59	–
10	0,21	0,22	0,27	0,31	0,35	0,37	0,46	0,59

Основные свойства тепло-, гидроизоляционных и строительных материалов

Материал	Объемная масса ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м • К)	Огнестойкость материала
Теплоизоляционные материалы			
Жесткий пенополиуретан: ППУ-3			
Рипор 6ТЗ	50	0,040	Сгораемый
Пенопласт:	50...60	0,030	»
полистирольный ПСБ-С			
поливинилхлоридный ПВ-1	30...40	0,050	»
Стекловолоконная вата, минеральная вата	80	0,052	Несгораемый
	100...150	0,04...0,05	»
Минераловатные плиты	200	0,080	Трудносгораемый
Асбовермикулитовые плиты	250	0,085	Несгораемый
Пенобетон	300...500	0,120	»
Шлак гранулированный	400	0,160	»
Гравий керамзитовый	500	0,15...0,20	»
Газостекло, пеностекло	200...300	0,12	»
Гидроизоляционные материалы			
Битум нефтяной	1000	0,17	Сгораемый
Пергамин и рубероид	600...800	0,14...0,18	»
Изол, гидроизол	700...800	0,25...0,35	»
Стеклорубероид	600...800	0,25-0,35	Трудносгораемый
Строительные материалы			
Бетон	2000...2400	1,6...1,9	Несгораемый
Железобетон	2500	2,04	»
Керамзитобетон	1600	0,79	»
Кладка кирпичная Асбоцемент-	1800	0,81	»
ные листы, плиты	1800	0,52	»
Растворы:			
цементно-песчаный	1800	0,93	»
сложный (песок, известь, цемент)	1700	0,87	»
известково-песчаный	1600	0,7...0,8	»

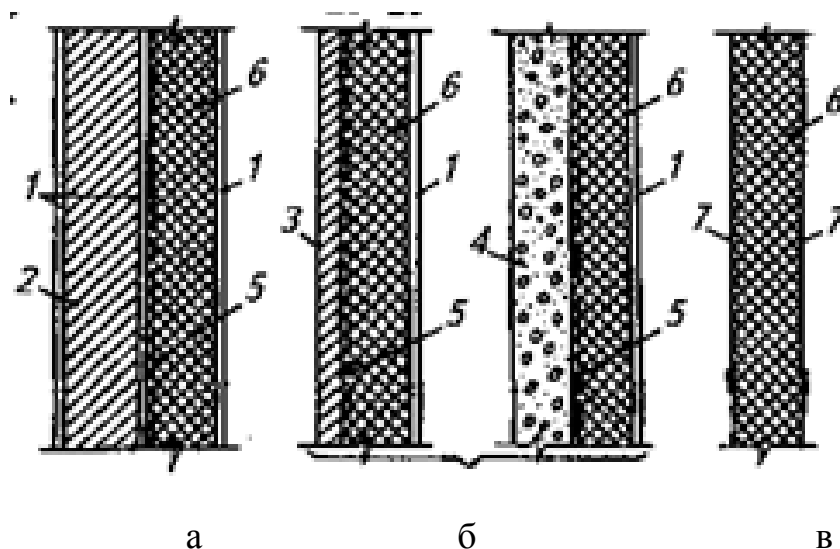


Рис. 18.1. Изоляция наружных стен одноэтажного холодильника:
а, б, в – варианты изоляции наружных стен холодильников; 1 – слой штукатурки; 2 – кирпичная кладка; 3 – железобетонная плита; 4 – керамзитшлакобетонная плита; 5 – пароизоляция; 6 – теплоизоляция; 7 – металлический лист.

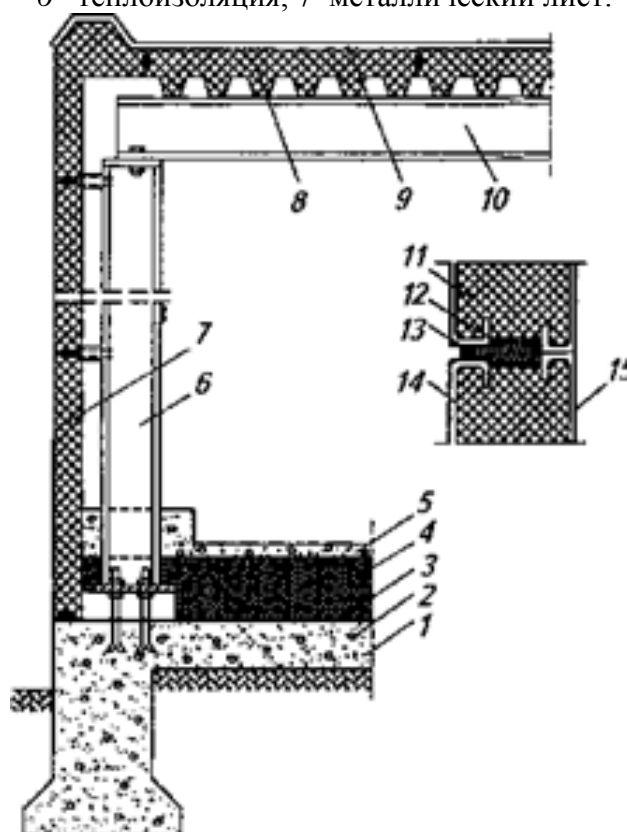


Рис. 18.2. Конструкция одноэтажного холодильника из панелей типа «сэндвич»:
 1 – железобетонная плита; 2 – электронагреватель; 3 – пароизоляционный слой; 4 – теплоизоляционный слой; 5 – пол; 6 – стальная колонна; 7 – стеновая панель; 8 – потолочная панель; 9 – кровля; 10 – стальная балка; 11 – пенополиуретан; 12 – пенополиуретановая лента; 13 – эластичная замазка; 14 – наружная оболочка; 15 – внутренняя оболочка.

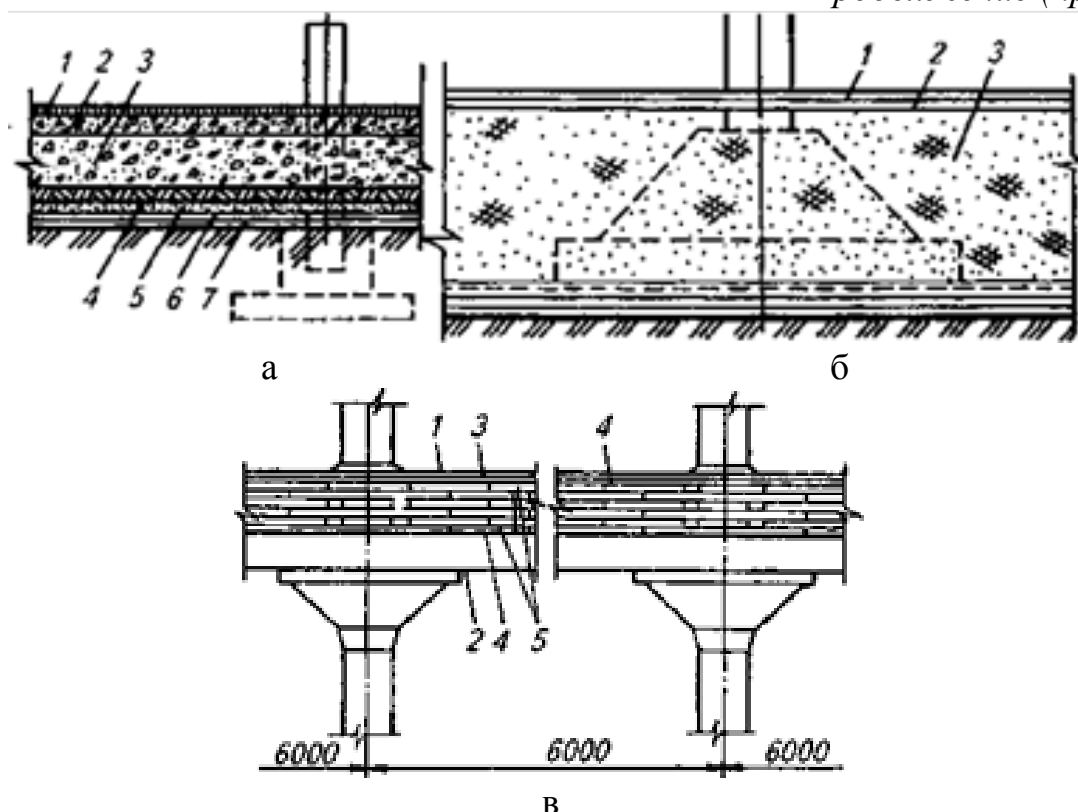


Рис. 18.3. Полы холодильников:

а – одноэтажного холодильника: 1 – плитка толщиной 50 мм; 2 – бетонная подготовка; 3 – керамзитовый щебень; 4 – песок; 5 – бетонная подготовка толщиной 100 мм с электронагревателями; 6 – гидроизоляция; 7 – бетонная стяжка толщиной 50 мм; *б* – полы подвальных этажей холодильника: 1 – плитка; 2 – бетонная подготовка; 3 – уплотнительный песок; *в* – полы по междуэтажным перекрытиям: армобетонная стяжка; 4 – гидроизоляция; 5 – теплоизоляция.

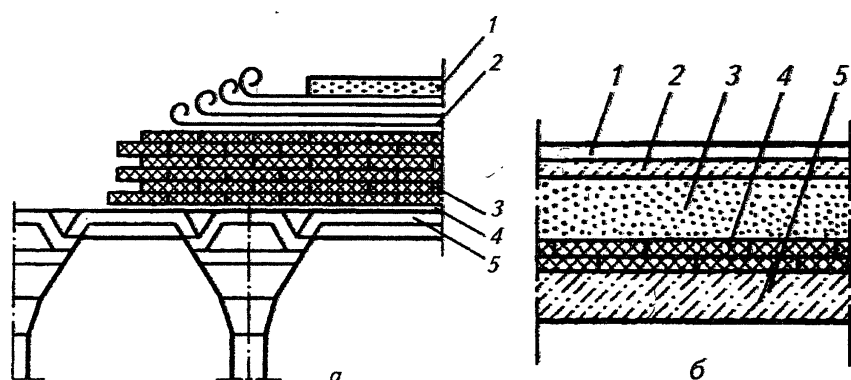


Рис. 18.4. Изоляционные конструкции покрытий холодильника:

а – многоэтажного: 1 – асбоцементная плита; 2 – Кровельный ковер из рулонных материалов на горячей битумной, мастике; 3 – плиточный изоляционный материал; 4 – пароизоляция; 5 – сборное железобетонное покрытие; *б* – одноэтажного: 1 – кровельный рулонный ковер; 2 – бетонная стяжка; 3 – засыпная теплоизоляция; 4 – плитная теплоизоляция; 5 – железобетонная плита покрытия

Дополнительная разность температур, характеризующая действие солнечной радиации, Δt_c , °С

Стена	Избыточная разность температур, °С, при ориентировке по сторонам света									
	Ю			ЮВ	ЮЗ	В	З	СВ	СЗ	С
	географическая широта									
	40°	50°	60°	От 40 до 60°						
Бетонная	5,9	8,0	9,8	8,8	10,	9,8	11,	5,1	5,	0
Кирпичная	6,6	9,1	11,0	9,9	0	11,	7	5,8	5	0
Побеленная известью	3,6	4,9	6,0	5,4	11,	0	13,	3,2	6,	0
или оштукатуренная					3	6,0	2		3	
светлой штукатуркой					6,1		7,2		3,	
Покрытая темной	5,1	7,1	8,5	7,7				4,5	5	0
штукатуркой						8,5				
Облицованная белы-	2,3	3,2	3,9	3,5	8,8		10,	2,0		0
ми глазурованными						3,9	2		4,	
плитами					4,0		4,7		9	
									2,	
									2	

Удельный теплоприток B из соседних помещений через открытые двери

Помещение	Удельный теплоприток B (Вт/м ²) при высоте камеры 6 м.		
	до 50	50...150	более 150
Камеры:			
охлаждения	23	12	10
замораживания	32	15	12
хранения охлажденных продуктов	29	15	12
хранения мороженных	22	12	8
хранения фруктов	10	5	4
Экспедиции, приемные	78	38	20

Таблица 20. 2

Удельное тепловыделение (q) плодов и овощей при «дыхании», Вт/т

Фрукты, овощи	Температура, °С					
	0	2	5	10	15	20
Яблоки:						
ранние	19	21	31	60	92	121
поздние	10	14	21	31	58	73
Груши:						
ранние	20	28	47	63	160	278
поздние	10	22	41	56	126	219
Абрикосы	17	27	50	102	155	199
Черешня	21	31	47	97	165	219
Персики	19	22	41	92	131	181
Слива	21	35	65	126	184	233
Виноград	9	17	24	36	49	78
Лимоны (зрелые)	9	13	20	33	47	58
Апельсины	10	13	19	35	50	69
Дыня	20	23	28	43	76	102
Лук	20	21	26	31	34	58
Капуста белокочанная	33	36	51	78	121	194
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

Параметры R 717 при температуре насыщения

Температура		Давление p , МПа	Удельный объем v , м ³ /кг		Удельная энтальпия i , кДж/кг	
t , °C	T, К		жидкости	пара	жидкости	пара
-45	228,1	0,054	0,001437	2,005	215,34	1619,32
-44	229,1	0,057	0,001439	1,903	219,68	1620,95
-43	230,1	0,060	0,001442	1,807	224,13	1622,63
-42	231,1	0,064	0,001444	1,717	228,61	1624,26
-41	232,1	0,068	0,001447	1,632	233,13	1625,90
-40	233,1	0,071	0,001449	1,552	237,49	1627,49
-39	234,1	0,075	0,001452	1,477	241,88	1629,12
-38	235,1	0,079	0,001454	1,406	246,28	1630,71
-37	236,1	0,084	0,001457	1,339	250,84	1632,30
-36	237,1	0,088	0,001460	1,276	255,32	1633,88
-35	238,1	0,093	0,001462	1,216	259,80	1635,44
-34	239,1	0,096	0,001465	1,160	264,16	1636,99
-33	240,1	0,103	0,001467	1,107	268,32	1638,54
-32	241,1	0,108	0,001470	1,056	273,24	1640,09
-31	242,1	0,113	0,001473	1,009	277,64	1641,60
-30	243,1	0,119	0,001476	0,964	282,20	1643,10
-29	244,1	0,125	0,001478	0,921	286,64	1644,61
-28	245,1	0,131	0,001480	0,881	291,16	1646,08
-27	246,1	0,138	0,001484	0,842	295,64	1647,54
-26	247,1	0,144	0,001487	0,806	300,12	1649,01
-25	248,1	0,151	0,001489	0,772	304,69	1650,47
-24	249,1	0,158	0,001492	0,739	309,17	1651,90
-23	250,1	0,166	0,001495	0,708	313,65	1658,32
-22	251,1	0,173	0,001498	0,678	318,17	1654,70
-21	252,1	0,181	0,001500	0,650	322,69	1656,13
-20	253,1	0,190	0,001504	0,624	327,21	1657,51
-19	254,1	0,198	0,001507	0,598	331,74	1658,85
-18	255,1	0,207	0,001521	0,574	336,26	1660,19
-17	256,1	0,216	0,001512	0,551	340,78	1661,53
-16	257,1	0,226	0,001515	0,530	345,34	1662,87
-15	258,1	0,236	0,001520	0,509	349,91	1664,16
-14	259,1	0,246	0,001521	0,489	354,43	1665,46
-13	260,1	0,257	0,001524	0,470	358,99	1666,76
-12	261,1	0,267	0,001528	0,452	363,60	1668,02
-11	262,1	0,2711	0,001530	0,435	368,12	1669,27
-10	263,1	0,290	0,001534	0,419	372,69	1670,90
-9	264,1	0,302	0,001537	0,403	377,29	1671,70
-8	265,1	0,315	0,001540	0,388	381,90	1672,92
-7	266,1	0,328	0,001543	0,374	386,42	1674,09
-6	267,1	0,341	0,001546	0,360	391,11	1675,30
-5	268,1	0,354	0,001550	0,347	395,67	1676,43
-4	269,1	0,363	0,001553	0,334	400,23	1677,56
-3	270,1	0,383	0,001556	0,322	404,84	1678,69
-2	271,1	0,398	0,001560	0,311	409,45	1679,82
-1	272,1	0,413	0,001563	0,300	414,09	1680,91

Продолжение (прил. 21 таб. 21.1)

Температура		Давление p , МПа	Удельный объем v , м ³ /кг		Удельная энтальпия i , кДж/кг	
t , °C	T , К		жидкости	пара	жидкости	пара
0	273,1	0,429	0,001566	0,290	418,70	1682,00
1	274,1	0,445	0,001570	0,280	423,31	1683,05
2	275,1	0,462	0,001573	0,270	427,95	1684,10
3	276,1	0,479	0,001576	0,261	432,56	1685,10
4	277,1	0,497	0,001580	0,252	437,29	1686,15
5	278,1	0,515	0,001583	0,243	441,90	1687,15
6	279,1	0,534	0,001586	0,235	446,54	1688,11
7	280,1	0,553	0,001590	0,227	451,23	1689,08
8	281,1	0,573	0,001594	0,220	455,23	1690,04
9	282,1	0,594	0,001597	0,213	460,57	1690,92
10	283,1	0,614	0,001600	0,206	465,26	1691,88
11	284,1	0,636	0,001604	0,199	469,91	1692,76
12	285,1	0,658	0,001608	0,193	474,60	1693,60
13	286,1	0,681	0,001612	0,186	479,29	1694,48
14	287,1	0,704	0,001616	0,181	484,06	1695,32
15	288,1	0,728	0,001619	0,175	488,75	1696,15
16	289,1	0,752	0,001620	0,169	493,48	1696,99
17	290,1	0,777	0,001627	0,164	498,38	1697,83
18	291,1	0,803	0,001630	0,159	502,94	1698,54
19	292,1	0,830	0,001635	0,154	507,67	1699,29
20	293,1	0,857	0,001640	0,149	512,49	1700,05
21	294,1	0,884	0,001643	0,145	517,26	1700,76
22	295,1	0,913	0,001647	0,140	522,12	1701,47
23	296,1	0,942	0,001650	0,136	526,81	1702,14
24	297,1	0,972	0,001655	0,132	531,62	1702,85
25	298,1	1,002	0,001660	0,128	536,48	1703,44
26	299,1	1,034	0,001663	0,124	541,25	1704,07
27	300,1	1,065	0,001670	0,121	546,11	1704,78
28	301,1	1,098	0,001671	0,117	550,97	1705,37
29	302,1	1,132	0,001676	0,114	555,70	1705,91
30	303,1	1,166	0,001680	0,111	560,56	1706,45
31	304,1	1,201	0,001684	0,107	565,29	1706,96
32	305,1	1,237	0,001690	0,104	570,27	1707,50
33	306,1	1,274	0,001693	0,101	575,04	1707,96
34	307,1	1,311	0,001698	0,099	579,98	1708,46
35	308,1	1,349	0,001700	0,096	584,92	1708,88
36	309,1	1,399	0,001710	0,093	589,82	1709,34
37	310,1	1,429	0,001711	0,090	594,72	1709,76
38	311,1	1,469	0,001716	0,088	599,58	1710,10
39	312,1	1,511	0,001720	0,086	604,43	1710,35
40	313,1	1,554	0,001726	0,083	609,50	1710,68

Параметры R22 при температуре насыщения

Температура		Давление p , МПа	Удельный объем v , м ³ /кг		Удельная энтальпия i , кДж/кг	
t , °C	T , К		жидкости	пара	жидкости	пара
-36	237,1	0,126	0,000714	0,173	378,170	609,460
-34	239,1	0,138	0,000717	0,153	380,389	610,423
-32	241,1	0,151	0,000720	0,146	382,566	611,386
-30	243,1	0,164	0,000723	0,135	384,785	612,349
-28	245,1	0,178	0,000727	0,125	387,088	613,312
-26	247,1	0,194	0,000730	0,116	389,391	614,275
-24	249,1	0,209	0,000734	0,108	391,526	615,112
-22	251,1	0,227	0,000737	0,100	393,745	615,991
-20	253,1	0,246	0,000740	0,093	396,006	616,945
-18	255,1	0,264	0,000744	0,086	398,267	617,917
-16	257,1	0,286	0,000747	0,081	400,487	618,839
-14	259,1	0,306	0,000751	0,075	402,706	619,760
-12	261,1	0,330	0,000754	0,070	404,883	620,639
-10	263,1	0,355	0,000758	0,065	407,186	621,560
-8	265,1	0,381	0,000762	0,061	409,405	622,314
-6	267,1	0,403	0,000766	0,057	411,524	623,151
-4	268,1	0,437	0,000770	0,054	413,969	623,989
-2	271,1	0,467	0,000774	0,050	416,313	624,682
0	273,1	0,500	0,000779	0,047	418,700	625,663
2	275,1	0,531	0,000782	0,044	421,128	626,501
4	277,1	0,566	0,000787	0,042	423,557	627,254
6	279,1	0,606	0,000791	0,039	426,111	628,092
8	281,1	0,644	0,000796	0,037	428,749	628,887
10	283,1	0,685	0,000800	0,035	431,261	629,557
12	285,1	0,727	0,000805	0,033	433,773	630,227
14	287,1	0,771	0,000810	0,031	436,495	631,065
16	289,1	0,817	0,000814	0,029	439,091	631,693
18	291,1	0,865	0,000819	0,027	441,729	632,237
20	293,1	0,916	0,000824	0,026	444,366	632,781
22	295,1	0,969	0,000829	0,024	447,088	633,367
24	297,1	1,023	0,000834	0,023	449,768	633,828
26	299,1	1,081	0,000840	0,022	452,615	634,498
28	301,1	1,140	0,000845	0,021	455,336	634,959
30	303,1	1,202	0,000850	0,019	458,225	635,503
32	305,1	1,267	0,000857	0,018	460,989	635,880
34	307,1	1,333	0,000863	0,017	463,794	636,298
36	309,1	1,402	0,000869	0,017	466,557	636,550
38	311,1	1,472	0,000876	0,016	469,363	636,717
40	313,1	1,548	0,000883	0,015	472,168	636,929

Термодинамические свойства R134a при температуре насыщения

Температура		Давление p		Удельный объем v , $\text{м}^3/\text{кг}$		Удельная энтальпия i , кДж/кг		Удельная энтропия s , (кДж/кг*К)	
T, К	t , °C	бар	МПа	жидкост ти•10 ⁻³	пара	жидкости	пара	жидкости	пара
236	-37	0,602	0,060	0,7098	0,30898	153,51	374,74	0,8180	1,7548
237	-36	0,633	0,063	0,7113	0,29474	154,70	375,37	0,8231	1,7535
238	-35	0,665	0,066	0,7127	0,28128	155,89	375,99	0,8281	1,7523
239	-34	0,699	0,070	0,7142	0,26855	157,09	376,62	0,8331	1,7510
240	-33	0,734	0,073	0,7157	0,25651	158,29	377,24	0,8381	1,7498
241	-32	0,770	0,077	0,7172	0,24511	159,49	377,87	0,8431	1,7486
242	-31	0,808	0,081	0,7187	0,23431	160,70	378,49	0,8480	1,7474
243	-30	0,847	0,085	0,7202	0,22408	161,91	379,11	0,8530	1,7463
244	-29	0,888	0,089	0,7218	0,21438	163,13	379,73	0,8580	1,7452
245	-28	0,930	0,093	0,7233	0,20518	164,35	380,35	0,8630	1,7441
246	-27	0,974	0,097	0,7249	0,19645	165,57	380,97	0,8679	1,7430
247	-26	1,020	0,102	0,7264	0,18817	166,80	381,59	0,8729	1,7420
248	-25	1,067	0,107	0,7280	0,18030	168,03	382,21	0,8778	1,7410
249	-24	1,116	0,112	0,7296	0,17282	169,26	382,82	0,8828	1,7400
250	-23	1,167	0,117	0,7312	0,16571	170,50	383,44	0,8877	1,7390
251	-22	1,219	0,122	0,7328	0,15896	171,74	384,05	0,8927	1,7380
252	-21	1,274	0,127	0,7345	0,15253	172,99	384,67	0,8976	1,7371
253	-20	1,330	0,133	0,7361	0,14641	174,24	385,28	0,9025	1,7362
254	-19	1,388	0,139	0,7378	0,14059	175,49	385,89	0,9075	1,7353
255	-18	1,448	0,145	0,7394	0,13504	176,75	386,50	0,9124	1,7345
256	-17	1,511	0,151	0,7411	0,12975	178,01	387,11	0,9173	1,7336
257	-16	1,575	0,158	0,7428	0,12471	179,27	387,71	0,9222	1,7328
258	-15	1,641	0,164	0,7445	0,11991	180,54	388,32	0,9271	1,7320
259	-14	1,710	0,171	0,7463	0,11533	181,81	388,92	0,9320	1,7312
260	-13	1,781	0,178	0,7480	0,11095	183,09	389,52	0,9369	1,7304
261	-12	1,854	0,185	0,7498	0,10678	184,36	390,12	0,9418	1,7297
262	-11	1,929	0,193	0,7515	0,10279	185,65	390,72	0,9467	1,7289
263	-10	2,007	0,200	0,7533	0,09898	186,93	391,32	0,9515	1,7282
264	-9	2,088	0,209	0,7551	0,09534	188,22	391,92	0,9564	1,7275
265	-8	2,170	0,217	0,7569	0,09186	189,52	392,51	0,9613	1,7269
266	-7	2,256	0,226	0,7588	0,08853	190,82	393,10	0,9661	1,7262
267	-6	2,344	0,234	0,7606	0,08535	192,12	393,70	0,9710	1,7255
268	-5	2,434	0,243	0,7625	0,08230	193,42	394,28	0,9758	1,7249
269	-4	2,527	0,253	0,7644	0,07938	194,73	394,46	0,9807	1,7243
270	-3	2,623	0,262	0,7663	0,07659	196,04	396,04	0,9855	1,7237
271	-2	2,722	0,272	0,7682	0,07391	197,36	396,62	0,9903	1,7231
272	-1	2,824	0,282	0,7701	0,07135	198,68	397,20	0,9952	1,7225
273	0	2,928	0,293	0,7721	0,06889	200,00	397,78	1,0000	1,7220
274	1	3,036	0,304	0,7740	0,06653	201,33	398,36	1,0048	1,7214
275	2	3,146	0,315	0,7760	0,06427	202,66	398,93	1,0096	1,7209

Продолжение (прил. 23 таб. 23.1)

Температура		Давление p		Удельный объем v , м ³ /кг		Удельная энтальпия i , кДж/кг		Удельная энтропия s , (кДж/кг*К)	
Т, К	t , ° С	бар	МПа	жидко- сти •10 ⁻³	пара	жидкости	пара	жидкости	пара
276	3	3,260	0,326	0,7781	0,06210	203,99	398,93	1,0144	1,7204
277	4	3,376	0,338	0,7801	0,06001	205,33	399,50	1,0192	1,7199
278	5	3,496	0,350	0,7821	0,05801	206,67	400,07	1,0240	1,7194
279	6	3,619	0,362	0,7842	0,05609	208,02	400,64	1,0288	1,7189
280	7	3,746	0,375	0,7863	0,05425	209,37	401,21	1,0336	1,7184
281	8	3,876	0,388	0,7884	0,05248	210,72	401,77	1,0384	1,7179
282	9	4,009	0,401	0,7906	0,05077	212,08	402,33	1,0432	1,7175
283	10	4,145	0,415	0,7927	0,04913	213,44	402,89	1,0480	1,7170
284	11	4,286	0,429	0,7949	0,04756	214,80	403,44	1,0527	1,7166
285	12	4,429	0,443	0,7971	0,04604	216,17	404,00	1,0575	1,7162
286	13	4,577	0,458	0,7994	0,04458	217,54	404,55	1,0623	1,7158
287	14	4,728	0,477	0,8016	0,04318	218,92	405,10	1,060	1,7154
288	15	4,883	0,488	0,8039	0,04183	220,30	405,64	1,0718	1,7150
289	16	5,042	0,504	0,8062	0,04052	221,68	406,18	1,0765	1,7146
290	17	5,204	0,520	0,8085	0,03927	223,07	406,72	1,0813	1,7142
291	18	5,371	0,537	0,8109	0,03806	224,44	407,26	1,0859	1,7139
292	19	5,541	0,554	0,8133	0,03690	225,84	407,80	1,0907	1,7135
293	20	5,716	0,572	0,8157	0,03577	227,23	408,33	1,0954	1,7132
294	21	5,895	0,590	0,8182	0,03469	228,64	408,86	1,1001	1,7128
295	22	6,078	0,608	0,8206	0,03365	230,05	409,38	1,1049	1,7125
296	23	6,265	0,627	0,8231	0,03264	231,46	409,91	1,1096	1,7122
297	24	6,457	0,646	0,8257	0,03166	232,87	410,42	1,1143	1,7118
298	25	6,653	0,665	0,8283	0,03072	234,29	410,94	1,1190	1,7115
299	26	6,853	0,685	0,8309	0,02982	235,72	411,45	1,1237	1,7112
300	27	7,058	0,706	0,8335	0,02894	237,15	411,96	1,1285	1,7109
301	28	7,267	0,727	0,8362	0,02809	238,58	412,47	1,1332	1,7106
302	29	73482	0,748	0,8389	0,02727	240,02	412,97	1,1379	1,7103
303	30	7,701	0,770	0,8416	0,02648	241,46	413,47	1,1426	1,7100

Термодинамические свойства R 404a при температуре насыщения

Температура		Давление p		Удельный объем v , $\text{м}^3/\text{кг}$		Удельная энтальпия i , кДж/кг		Удельная энтропия s , ($\text{кДж/кг}\cdot\text{К}$)	
T, K	$t, ^\circ\text{C}$	бар	МПа	жидко- сти $\cdot 10^{-3}$	пара	жидкости	пара	жидкости	пара
234	-39	1,391	0,139	0,7931	0,13689	146,09	344,46	0,7896	1,6368
235	-38	1,454	0,145	0,7951	0,13128	147,36	345,11	0,7950	1,63.60
236	-37	1,520	0,152	0,7971	0,12593	148,63	345,75	0,8004	1,6351
237	-36	1,587	0,159	0,7992	0,12086	149,91	346,40	0,8058	1,6343
238	-35	1,658	0,166	0,8012	0,11602	151,65	347,05	0,8131	1,6336
239	-34	1,730	0,173	0,8034	0,11142	152,92	347,69	0,8184	1,6328
240	-33	1,805	0,180	0,8055	0,10704	154,20	348,33	0,8237	1,6321
241	-32	1,882	0,188	0,8077	0,10287	155,48	348,97	0,8290	1,6313
242	-31	1,962	0,196	0,8099	0,09889	156,77	349,60	0,8343	1,6306
243	-30	2,045	0,205	0,8121	0,09510	159,17	350,26	0,8441	1,6300
244	-29	2,130	0,213	0,8143	0,09148	160,44	350,89	0,8493	1,6294
245	-28	2,218	0,222	0,8166	0,08803	161,72	351,52	0,8545	1,6287
246	-27	2,309	0,231	0,8189	0,08473	163,00	352,16	0,8596	1,6281
247	-26	2,402	0,240	0,8213	0,08158	164,28	352,79	0,8648	1,6275
248	-25	2,499	0,250	0,8236	0,07858	165,57	353,41	0,8699	1,6269
249	-24	2,598	0,260	0,8261	0,07570	166,86	354,04	0,8751	1,6264
250	-23	2,701	0,270	0,8285	0,07295	168,16	354,66	0,8802	1,6258
251	-22	2,806	0,281	0,8310	0,07032	169,47	355,29	0,8854	1,6253
252	-21	2,915	0,291	0,8335	0,06781	170,77	355,91	0,8905	1,6248
253	-20	3,027	0,303	0,8361	0,06540	172,08	356,52	0,8957	1,6243
254	-19	3,142	0,314	0,8387	0,06309	173,40	357,14	0,9008	1,6238
255	-18	3,260	0,326	0,8413	0,06088	174,72	357,75	0,9060	1,6233
256	-17	3,382	0,338	0,8440	0,05876	176,05	358,36	0,9111	1,6228
257	-16	3,507	0,351	0,8467	0,05673	177,38	358,97	0,9162	1,6224
258	-15	3,635	0,363	0,8495	0,05479	178,71	359,58	0,9214	1,6220
259	-14	3,767	0,377	0,8523	0,05292	180,06	360,18	0,9265	1,6215
260	-13	3,903	0,390	0,8551	0,05113	181,40	360,78	0,9316	1,6211
261	-12	4,043	0,404	0,8580	0,04941	182,75	361,38	0,9367	1,6207
262	-11	4,186	0,419	0,8610	0,04775	184,13	361,97	0,9420	1,6204
263	-10	4,333	0,433	0,8640	0,04617	185,48	362,56	0,9470	1,6200
264	-9	4,484	0,448	0,8670	0,04464	186,85	363,15	0,9522	1,6196
265	-8	4,639	0,464	0,8701	0,04318	188,22	363,74	0,9573	1,6192
266	-7	4,798	0,480	0,8733	0,04177	189,60	364,32	0,9624	1,6189
267	-6	4,961	0,496	0,8765	0,04041	190,98	364,90	0,9676	1,6186
268	-5	5,128	0,513	0,8798	0,03911	192,37	365,47	0,9727	1,6182
269	-4	5,299	0,530	0,8831	0,03785	193,77	366,04	0,9778	1,6179

Продолжение (прил. 23 таб. 23.2)

Температура		Давление p		Удельный объем v , м ³ /кг		Удельная энтальпия i , кДж/кг		Удельная энтропия s , (кДж/кг*К)	
T, К	t , °C	бар	МПа	жидко- сти • 10 ⁻³	пара	жидкости	пара	жидкости	пара
270	-3	5,475	0,548	0,8865	0,03665	195,17	366,61	0,9829	1,6176
271	-2	5,655	0,566	0,8899	0,03548	196,57	367,17	0,9881	1,6172
272	-1	5,839	0,584	0,8934	0,03436	197,99	367,73	0,9932	1,6169
273	0	6,028	0,603	0,8970	0,03328	199,41	368,28	0,9984	1,6166
274	1	6,222	0,622	0,9006	0,03224	200,83	368,83	1,0035	1,6163
275	2	6,420	0,642	0,9043	0,03124	202,26	369,38	1,0086	1,6160
276	3	6,622	0,662	0,9080	0,03027	203,70	369,92	1,0138	1,6157
277	4	6,830	0,683	0,9119	0,02934	205,15	370,46	1,0189	1,654
279	6	7,260	0,726	0,9198	0,02757	208,06	371,52	1,0293	1,6148
280	7	7,482	0,748	0,9239	0,02673	209,52	372,04	1,0344	1,6145
281	8	7,710	0,771	0,9280	0,02592	211,00	372,56	1,0396	1,6143
282	9	7,943	0,794	0,9322	0,02514	212,48	373,07	1,0448	1,6140
283	10	8,180	0,818	0,9366	0,02438	213,96	373,58	1,0500	1,6137
284	11	8,424	0,842	0,9410	0,02365	215,46	374,08	1,0552	1,6134
285	12	8,672	0,867	0,9455	0,02295	216,96	374,57	1,0604	1,6131
286	13	8,926	0,893	0,9501	0,02226	218,47	375,06	1,0656	1,6128
287	14	9,186	0,919	0,9548	0,02160	219,99	375,54	1,0708	1,6125
288	15	9,451	0,945	0,9596	0,02097	221,52	376,02	1,0760	1,6122
289	16	9,722	0,972	0,9645	0,02035	223,06	376,48	1,0812	1,6118
290	17	9,999	1,000	0,9695	0,01975	224,60	376,95	1,0865	1,6115
291	18	10,281	1,028	0,9746	0,01917	226,16	377,40	1,0917	1,6112
292	19	10,570	1,057	0,9798	0,01861	227,72	377,85	1,0970	1,6109
293	20	10,864	1,086	0,9852	0,01806	229,29	378,29	1,1023	1,6105
294	21	11,165	1,117	0,9907	0,01754	230,88	378,72	1,1076	1,6102
295	22	11,472	1,147	0,9963	0,01703	232,47	379,14	1,1129	1,6098
296	23	11,785	1,179	1,0021	0,01653	234,07	379,56	1,1182	1,6094
297	24	12,104	1,210	1,0080	0,01605	235,68	379,97	1,1235	1,6091
298	25	12,430	1,243	1,0141	0,01559	237,31	380,37	1,1288	1,6087
299	26	12,763	1,276	1,0203	0,01514	238,94	380,75	1,1342	1,6083
300	27	13,102	1,310	1,0267	0,01470	240,59	381,13	1,1396	1,6078
301	28	13,448	1,345	1,0332	0,01427	242,24	381,50	1,1450	1,6074
302	29	13,801	1,380	1,0400	0,01386	243,91	381,86	1,1504	1,6069
303	30	14,160	1,416	1,0469	0,01346	245,60	382,21	1,1558	1,6065
304	31	14,527	1,453	1,0540	0,01307	247,29	382,55	1,1613	1,6060
305	32	14,900	1,490	1,0613	0,01269	249,00	382,87	1,1668	1,6055
306	33	15,281	1,528	1,0688	0,01233	250,72	383,19	1,1723	1,6049
307	34	15,669	1,567	1,0766	0,01197	252,46	383,49	1,1778	1,6044
308	35	16,065	1,607	1,0845	0,01162	254,21	383,78	1,1833	1,6038

Диаграмма $i - \lg p$ для R22. Цикл холодильной машины одноступенчатого сжатия.

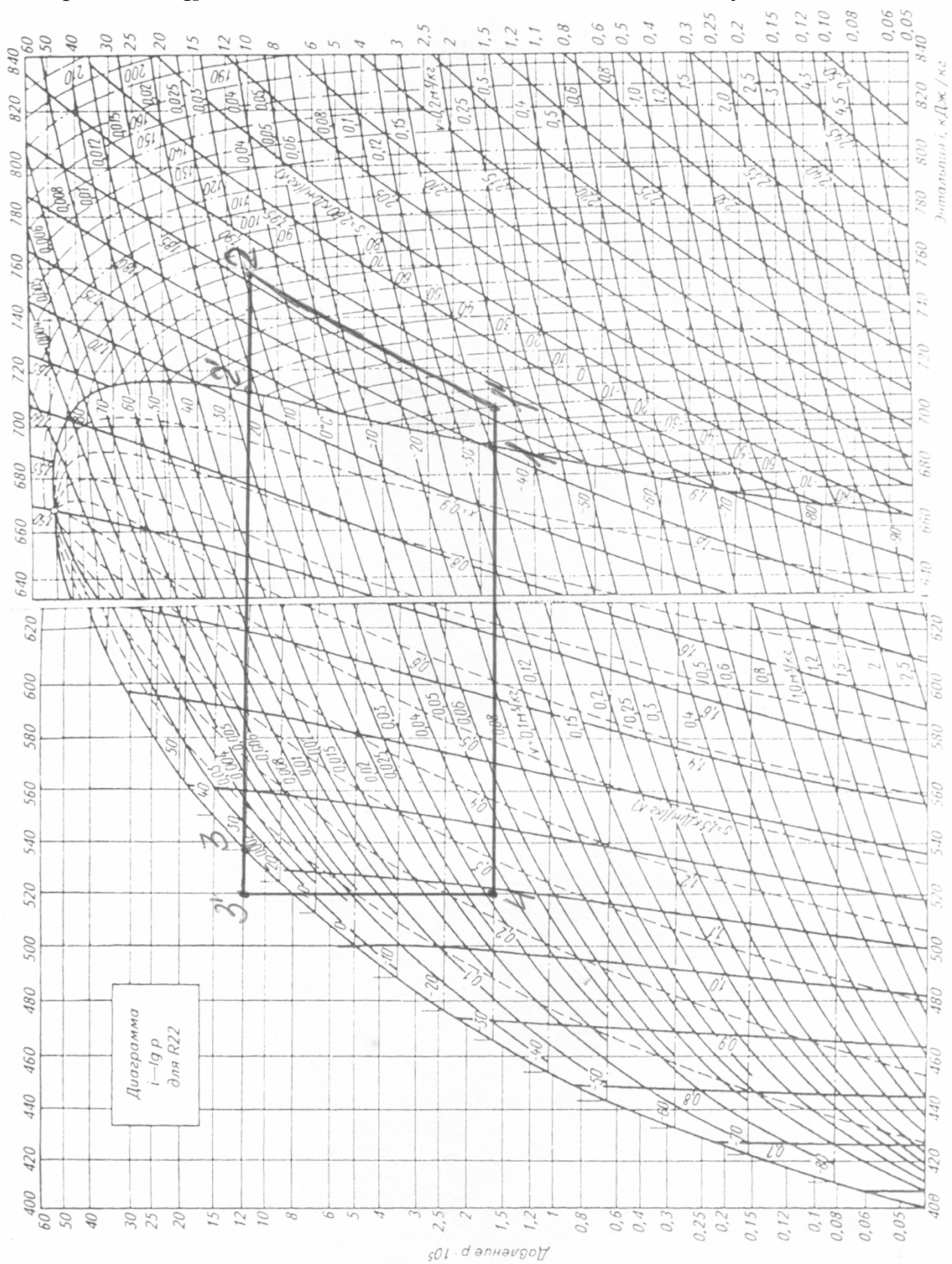
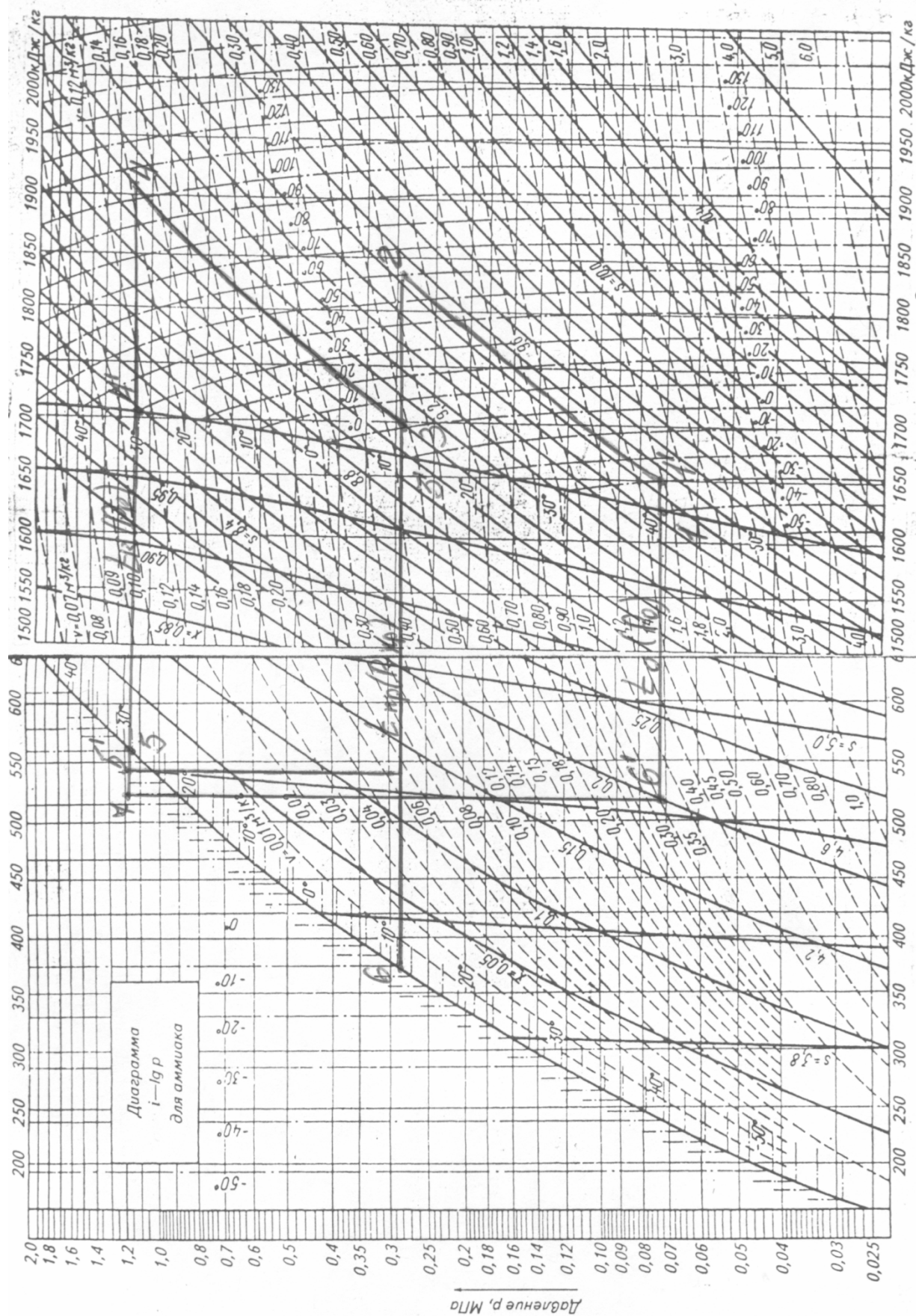


Диаграмма $i - \lg p$ для R22. Цикл холодильной машины двухступенчатого сжатия



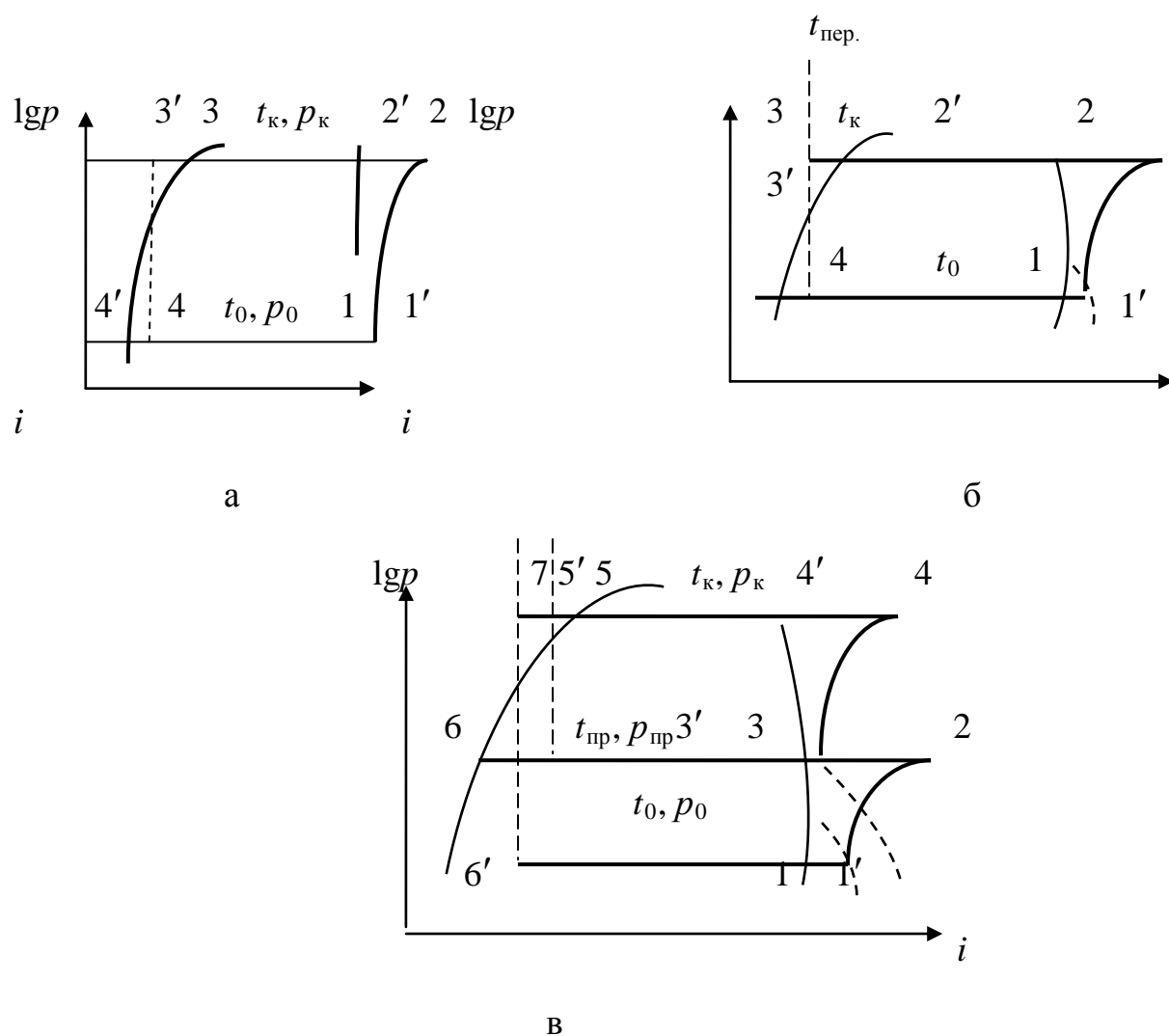


Рис. 26.1. Циклы холодильных машин:

а – цикл паровой холодильной машины; б - к расчету цикла холодильной машины для R134a;
в - цикл холодильной машины двухступенчатого сжатия.

**Основные технические данные горизонтальных кожухотрубных конденсаторов
типа КТГ**

Конденсатор	Площадь наружной поверхности теплообмена, м ²	Размеры, мм			Число труб	Вместимость пространства, м ³		Диаметр условного прохода патрубков, мм			Масса, кг
		диаметр D	длина L	высота H		межтрубного	трубного	d	d ₁	d ₂	
КТГ-25	25	500	2910	910	106	0,38	0,13	50	20	65	950
КТГ-32	32	500	3410	910	144	0,46	0,16	50	20	65	1070
КТГ-40	40	500	4410	910	144	0,61	0,2	50	20	65	1350
КТГ-50	50	600	3510	1000	216	0,61	0,24	70	25	80	1520
КТГ-63	63	600	4510	1000	216	0,86	0,31	70	25	80	1900
КТГ-80	80	600	5510	1000	216	1,07	0,37	80	25	100	2300
КТГ-125	125	800	4650	1230	386	1,49	0,61	80	32	125	3440
КТГ-160	160	800	5650	1230	386	1,86	0,7	80	32	125	4292
КТГ-200	200	1000	4750	1670	614	2,32	0,99	100	40	200	5580
КТГ-250	250	1000	5750	1670	614	2,91	1,19	100	40	200	6780
КТГ-315	315	1200	5850	1940	870	4,52	1,5	100	50	250	9480
КТГ-400	400	1200	6800	1940	870	5,6	4,6	100	50	250	15550

Таблица 27.2

Основные технические характеристики кожухотрубных горизонтальных конденсаторов

Конденсатор	Габаритные размеры, мм				Масса, кг
	L	B	H	D _{вн}	
		<i>Хладагент R717</i>			
МК40	3200	780	800	500	1040
МК60	3500	815	800	600	1509
125КТГ	4680	1000	1230	800	3540
200КТГ	4775	1800	1670	1000	5650
250КТГ	5775	1800	1670	1000	6870
300КТГ	5875	2100	1940	1200	9500
		<i>Хладагент R22</i>			
KX12	2300	510	660	307	360
1KX35	2975	550	850	500	630
KP43	3620	700	750	500	790
1KФ130	3610	845	975	600	1345
1KФ260	3655	1050	1150	800	2220

Основные технические характеристики кожухотрубных горизонтальных конденсаторов типа КА

Конденсатор	Площадь наружной поверхности теплообмена, м ²	Размеры, мм			Число труб	Вместимость пространства, м ³		Диаметр условного прохода патрубков, мм			Масса, кг
		диаметр <i>D</i>	длина <i>L</i>	высота <i>H</i>		межтрубного	трубного	<i>d</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	
КА-35	35	426	4425	720	175	0,35	—	50	25	80	1250
КА-50	50	500	4425	720	252	0,43	—	50	25	80	1580
КА-80	80	600	4550	820	400	0,58	—	50	32	125	2400
КА-100	100	600	5550	820	400	0,77	—	50	32	125	3100
КА-150	150	800	4675	1025	750	0,99	—	65	40	150	4500
КА-180	185	800	5675	1025	750	1,23	—	65	40	150	5500
КА-230	225	1000	4850	1470	1150	1,59	—	80	50	200	6800
КА-280	280	1000	5850	1470	1150	1,99	—	100	65	200	8400
КА-350	340	1000	6850	1470	1150	2,39	—	100	65	200	9900

Таблица 27.4

Характеристика фреоновых горизонтальных кожухотрубных конденсаторов

Конденсатор	Действительная площадь наружной поверхности теплообмена, м ²	Длина труб <i>l</i> , м	Диаметр обечайки <i>D</i> , мм	Число труб, <i>n</i>	Число ходов, <i>z</i>
КТР-4	4,8	1,0	194	23	4; 2
КТР-6	6,8	1,5	219	29	4; 2
КТР-9	9,0	1,0; 1,3	273; 377	46; 53	4; 2
КТР-12	12,8	1,0; 1,2	377; 325	86	4; 2
КТР-18	18,0	1,8	377	86	4; 2
КТР-25	30,0	1,5	404	135	4
КТР-35	40,0	2,0	404	135	4
КТР-50	49,6	2,5	404	135	4
КТР-65	62	2,0	500	210	4; 2
КТР-85	92,5	3,0	500	210	4; 2
КТР-110	107	2,5	600	293	4
КТР-150	150	3,5	600	293	2
КТР-200	200	3,0	800	455	4; 2
КТР-260	260	4,0	800	455	2
КТР-308	407	4,0	900	680	—
КТР-500	500	5,0	900	680	—

Примечание. Условное обозначение: К – конденсатор, Т – трубчатый, Г – горизонтальный, Р – ребристый, А – работа на R717, цифры после букв – площадь поверхности теплообмена, м².

Конденсатор	Площадь наружной поверхности теплообмена, м ²	Вместимость пространства, м ³		Число труб <i>n</i>	Диаметр кожуха D, мм	Диаметр условного прохода, мм		Масса, кг
		межтрубного	трубного			<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	
50 КВИ	50	0,66	0,44	48	600	65	32	1716
75 КВИ	75	0,87	0,63	68	700	65	32	2258
100 КВИ	100	1,07	0,88	96	800	80	40	2996
125 КВИ	125	1,40	1,16	126	900	80	40	3865
150 КВИ	150	1,79	1,38	150	1000	100	50	4553
250 КВИ	250	2,42	2,12	230	1200	125	50	6868

Основные технические данные вертикальных кожухотрубных конденсаторов

Примечание. Условное обозначение. К – конденсатор, В – вертикальный, И – интенсифицированный.

Таблица 27.6

Характеристика оросительных конденсаторов

Конденсатор	Площадь поверхности охлаждения, м ²	Число секций	Объем ресивера, м ³	Диаметр аммиачных штуцеров, мм			Ширина В, мм	Масса, кг
				<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃		
30 МКО	30	2	0,053	50	20	15	1225	1280
45 МКО	45	3	0,110	70	25	20	1775	1850
60 МКО	60	4	0,153	80	32	20	2325	2460
75 МКО	75	5	0,194	80	32	20	2875	3050
90 МКО	90	6	0,225	100	32	20	3425	3795

Таблица 27.7

Основные технические данные конденсаторов типа ВКЛ для аммиака

Конденсатор	Площадь наружной поверхности теплообмена, м ²	Число теплообменных батарей	Ширина конденсатора, мм	Диаметр условного прохода, мм		Масса, кг
				<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	
ВКЛ-500	505	3	1272	70	70	2037
ВКЛ-630	700	3	1272	70	70	2341
ВКЛ-800	842	4	1636	70	70	2753

Примечание. Условное обозначение: В – воздушный; К – конденсатор; Л – ленточное оребрение; цифры после букв – площадь наружной поверхности теплообмена, м².

Конденсатор	Номинальный тепловой поток (при $t_k = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{вп.т}} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$) кВт	Площадь поверхности теплообме- на, м^2	Объемный расход воздуха (общий) $\text{м}^3/\text{ч}$	Объем- ный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$		Число вентиляторов	Мош- ность электро- двигате- ля, кВт		Диаметр (D_y , мм) патрубков				Длина L , мм	Масса, кг				
				циркулирующей	свежей		установленная	потребляемая	аммиач- ных		водяных							
									вход (газ)	выход (жидкость)	вход на ороситель- ное устройство	выход из поддона						
															А	Б	Г	Д
															МИК1-100-Н	273	105,5	18000
МИК2-200-Н	547	211,0	36000	56	0,70	2	4,4	4,0	100	50	100	150	2020	3100				
МИК3-300-Н	821	316,5	54000	84	1,05	3	6,6	6,0	150	70	100	150	2940	4500				
МИК4-400-Н	1095	422,0	72000	112	1,40	4	8,8	8,0	150	70	100	150	3880	5900				
МИК5-500-Н	1368	527,5	90000	140	1,75	5	11,0	10,0	150	80	100	200	4820	7400				
МИК6-600-Н	1642	633,0	108000	168	2,10	6	13,2	12,0	150	80	125	200	5760	8800				

Рис. 27.1. Таблица: «Технические характеристики испарительных конденсаторов МИК»

Основные технические данные центробежных насосов типа К

Марка насоса	Подача, м ³ /с	Напор, кПа	Мощность электродвигателя, кВт	Габаритные размеры насоса, мм			Масса, кг
				длина	ширина	высота	
1,5к-8/19б	0,0026	116	1,0	400	214	227	25
1,5к-8/19а	0,0028	140	1,7	400	214	227	25
1,5к-8/19	0,0030	174	1,7	400	214	227	25
2к-20/18б	0,0046	120	1,7	411	227	233	27
2к-20/18а	0,0050	140	1,7	411	227	233	27
2к-20/18	0,0055	180	2,8	411	227	233	27
2к-20/30б	0,0055	200	2,8	413	267	250	28,8
2к-20/30а	0,0062	250	2,8	413	267	250	28,8
2к-20/30	0,0065	285	4,5	413	267	250	28,8
3к-45/30а	0,011	210	4,5	482	280	294	42
3к-45/30	0,014	280	7,0	482	280	294	42
4к-90/20а	0,018	185	7,0	498	292	300	44,8
4к-90/20	0,028	220	7,0	498	292	300	44,8

Таблица 28.2

Основные технические данные центробежных насосов типа АГ

Типоразмер	Подача, м ³ /с	Напор столба жидкого хладагента, м	Мощность электро двигателя, кВт	$D_{у.вс.}$, мм	$D_{у.наг.}$, мм	Габаритные размеры, мм			Масса электро-насоса, кг
						длина	ширина	высота	
АГ-6,3/32-0(1)	0,00056	32	2,2	50	32	640	395	290	86
	0,00175	62	2,2	50	32	640	395	290	86
	0,00264	30	2,2	50	32	640	395	290	86
АГ-12,5/50-0(1)	0,0035	50	4,0	50	32	730	405	340	100
АГ-25/50-0(1)	0,0069	50	7,5	65	50	805	438	445	235

Физические свойства рассола хлорида натрия NaCl

Плотность при +15 °С, кг/л	Содержание соли, %		Температура замерзания, °С	Удельная теплоемкость, кДж/(кгК)				
	в раство- ре	На 100 частей воды		0	-5	-10	-15	-20
1,00	0,1	0,8	0,0	4,191	—	—	—	—
1,01	1,5	1,5	-0,9	4,074	—	—	—	—
1,02	2,9	3,0	-1,8	4,003	—	—	—	—
1,03	4,3	4,5	-2,6	3,940	—	—	—	—
1,04	5,6	5,9	-3,5	3,965	—	—	—	—
1,05	7,0	7,5	-4,4	3,827	—	—	—	—
1,06	8,3	9,0	-5,4	3,772	3,768	—	—	—
1,07	9,6	10,8	-6,4	3,722	3,718	—	—	—
1,08	11,0	12,3	-7,5	3,676	3,668	—	—	—
1,09	12,3	14,0	-8,6	3,630	3,626	—	—	—
1,10	13,6	15,7	-9,8	3,588	3,584	3,580	—	—
1,11	14,9	17,5	-11,0	3,550	3,546	3,538	—	—
1,12	16,2	19,3	-12,2	3,533	3,508	3,500	—	—
1,13	17,5	21,2	-13,6	3,475	3,471	3,467	—	—
1,14	18,8	23,1	-15,1	3,441	3,437	3,429	3,421	—
1,15	20,0	25,0	-16,6	3,408	3,404	3,385	3,387	—
1,16	21,2	26,9	-18,2	3,375	3,370	3,362	3,354	—
1,17	22,4	29,0	-20,0	3,341	3,337	3,333	3,328	3,320
1,175*	23,1	30,1	-21,2	3,328	3,324	3,320	3,316	3,308
1,18	23,7	31,1	-17,2	3,312	3,308	3,303	3,299	—
1,19	24,9	33,1	-9,5	3,282	3,278	—	—	—
1,20	26,1	35,3	-1,7	3,257	—	—	—	—
1,203	26,3	35,7	0,0	3,249	—	—	—	—

* Эвтектический раствор.

Физические свойства рассола хлорида кальция CaCl_2

Плотность при +15 °C, кг/л	Содержание соли, %		Температура замерзания, °C	Удельная теплоемкость, кДж/(кгK)				
	в раство- ре	На 100 частей воды		0	-10	-20	-30	-40
1,00	0,1	0,1	0,0	4,199	—	—	—	—
1,05	5,9	6,3	-3,0	3,831	—	—	—	—
1,10	11,5	13,0	-6,1	3,500	—	—	—	—
1,15	16,8	20,2	-12,7	3,224	3,199	—	—	—
1,16	17,8	21,7	-14,2	3,174	3,153	—	—	—
1,17	17,9	23,3	-15,7	3,127	3,107	—	—	—
1,18	19,9	24,9	-17,4	3,036	3,060	—	—	—
1,19	20,9	26,5	-19,2	3,044	3,019	—	—	—
1,20	21,9	28,0	-21,2	3,002	2,977	2,952	—	—
1,21	22,8	29,6	-23,3	2,964	2,939	2,914	—	—
1,22	23,8	31,2	-25,7	2,931	2,906	2,880	—	—
1,23	24,7	32,9	-28,8	2,897	2,872	2,877	—	—
1,24	25,7	34,6	-31,2	2,868	2,843	2,818	2,793	—
1,25	25,6	35,2	-34,6	2,839	2,813	2,788	2,763	—
1,26	27,5	37,9	-38,6	2,809	2,784	2,759	2,734	—
1,27	28,4	39,7	-43,6	2,780	2,755	2,730	2,705	2,679
1,28	29,4	41,6	-50,1	2,755	2,730	2,705	2,679	2,654
1,286*	29,9	42,7	-55,0	2,732	2,713	2,688	2,663	2,633
1,29	30,3	43,5	-50,6	2,726	2,700	2,675	2,650	2,625
1,30	31,2	45,4	-41,6	2,700	2,675	2,650	2,625	2,60
1,31	32,1	47,3	-27,1	2,675	2,659	2,621	—	—
1,32	33,0	49,3	-23,9	2,650	2,625	2,596	2,596	—
1,33	33,9	51,3	21,2	2,625	2,600	2,571	—	—
1,25	25,6	35,2	-34,6	2,839	2,813	2,788	2,763	—
1,26	27,5	37,9	-38,6	2,809	2,784	2,759	2,734	—

* Эвтектический раствор.

Плотность рассола NaCl, кг/л

Массовая доля соли в растворе, %	Температура, °C					
	-20	-10	0	10	20	30
5	—	—	1,03820	1,03659	1,03405	1,03074
6	—	—	1,04590	1,04403	1,04131	1,03786
7	—	—	1,05361	1,05150	1,04860	1,04503
8	—	—	1,06133	1,05900	1,05594	1,05225
9	—	—	1,06909	1,06654	1,06332	1,05951
10	—	—	1,07686	1,07411	1,07074	1,06682
И	—	—	1,08467	1,08173	1,07821	1,07411
12	—	—	1,09251	1,08939	1,08572	1,08158
13	—	—	1,10039	1,09709	1,09329	1,08904
14	—	—	1,10830	1,10483	1,10090	1,09656
15	—	1,11945	1,11626	1,11262	1,10857	1,10413
16	—	1,12765	1,12427	1,12047	1,11630	1,11177
17	—	1,13588	1,13232	1,12833	1,12409	1,11946
18	—	1,14415	1,14041	1,13634	1,13193	1,12722
19	—	1,15246	1,14857	1,14436	1,13984	1,13504
20	—	1,16082	1,15678	1,15244	1,14782	1,14293
21	—	1,16923	1,16505	1,16058	1,15586	1,15089
22	—	1,17770	1,17337	1,16880	1,16397	1,15891
23	1,19044	1,18622	1,18176	1,17707	1,17215	1,16702
24	—	1,19480	1,19022	1,18542	1,18040	1,17519
25	—	—	1,19874	1,19383	1,18873	1,18344

Плотность рассола CaCl_2 , кг/л

Массовая доля соли в растворе, %	-30	-20	Температура, °C			20	30
			-10	0	10		
5	—	—	—	1,0488	1,0425	1,0402	1,0369
6	—	—	—	1,0528	1,0513	1,0489	1,0456
7	—	—	—	1,0619	1,0602	1,0577	1,0544
8	—	—	—	1,0710	1,0691	1,0664	1,0629
9	—	—	—	1,0802	1,0781	1,0753	1,0718
10	—	—	—	1,0895	1,0872	1,0843	1,0808
11	—	—	—	1,0989	1,0964	1,0934	1,0899
12	—	—	—	1,1083	1,1056	1,1025	1,0993
13	—	—	—	1,1178	1,1150	1,1117	1,1079
14	—	—	—	1,1274	1,1244	1,1210	1,1172
15	—	—	1,1396	1,1371	1,1340	1,1304	1,1261
16	—	—	1,1449	1,1469	1,1438	1,1399	1,1357
17	—	—	1,1597	1,1568	1,1534	1,1495	1,1451
18	—	—	1,1698	1,1667	1,1632	1,1592	1,1548
19	—	—	1,1801	1,1768	1,1731	1,1690	1,1645
20	—	—	1,1904	1,1869	1,1831	1,1788	1,1742
21	—	1,2046	1,2010	1,1972	1,1932	1,1889	1,1844
22	—	1,2150	1,2114	1,2075	1,2033	1,1989	1,1942
23	—	1,2260	1,2221	1,2180	1,2137	1,2092	1,2045
24	—	1,2369	1,2328	1,2285	1,2240	1,2194	1,2146
25	—	1,2481	1,2437	1,2392	1,2346	1,2299	1,2251
26	1,2634	1,2634	1,2590	1,2545	1,2499	1,2452	1,2354
27	1,2749	1,2703	1,2656	1,2608	1,2559	1,2510	1,2460
28	1,2868	1,2818	1,2768	1,2718	1,2668	1,2617	1,2567
29	1,2981	1,2930	1,2879	1,2828	1,2777	1,2725	1,2674
30	1,3098	1,2045	1,2933	1,2940	1,2888	1,2835	1,2783

Теплофизические свойства водного раствора этиленгликоля

Плотность, кг/м ³	Массовая доля эти- ленгликоля, %	Температура замерзания, °C	Удельная теплоемкость водного раствора этиленгликоля [кДж/(Дкг • К)] при t, °C				
			50	20	0	-10	-20
1005	4,6	-2	4,14	4,14	4,10	—	—
1010	8,4	-4	4,10	4,06	4,06	—	—
1015	12,2	-5	4,06	4,02	3,98	—	—
1020	16,0	-7	4,02	3,94	3,89	—	—
1025	19,8	-10	3,98	3,89	3,85	—	—
1030	23,6	-13	3,94	3,85	3,77	3,77	—
1035	27,4	-15	3,85	3,74	3,73	3,68	—
1040	31,2	-17	3,81	3,73	3,64	3,64	—
1045	35,0	-21	3,73	3,64	3,56	3,56	—
1050	38,5	-26	3,68	3,56	3,52	3,48	3,43
1055	42,6	-29	3,60	3,48	3,43	3,39	3,35
1060	46,4	-33	3,52	3,39	3,35	3,31	3,26

Основные технические данные панельных испарителей

Типоразмер	Площадь поверхности охлаждения, м ²	Число секций	Размеры бака, мм			Диаметр штуцеров, мм					Вместимость по аммиаку, м ³	Мощность мешалки, кВт	Масса, кг
			<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>d</i> ₄	<i>d</i>			
40ИП	40	8х5	3470	735	1050	100	100	50	20	70	0,223	1	1540
60ИП	60	12х5	3670	1060	1050	100	100	50	20	100	0,332	1	2185
90ИП	90	18х5	3670	1545	1050	150	100	50	20	100	0,497	1,7	3040
120ИП	120	12х10	6100	1115	1050	200	200	125	40	150	0,501	1	3970
180ИП	180	18х10	6100	1625	1200	250	200	125	40	150	0,744	1,7	5530
240ИП	240	24х10	6100	2135	1200	250	200	125	40	200	1,008	1,7	7120
320ИП	320	32х10	6100	2815	1200	300	200	125	40	200	1,34	1	9440

Таблица 30.2

Технические характеристики панельных аккумуляторов

Типоразмер	Площадь поверхности теплообмена одного яруса, м ²	Аккумулярующая способность за цикл намораживания, кВт/ч	Мощность мешалки, кВт	Размеры бака, мм			Диаметр штуцеров, мм					Масса, кг
				<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃ [*]	<i>d</i> ₄ [*]	<i>d</i>	
АКХ-30	30	76	1,1	3268	908	1258	100	20	<u>50</u>	<u>25</u>	65	1440
АКХ-45	45	116	1,1	3438	1328	1258	150	20	100	40	65	2040
АКХ-120	120	302	2,2	5958	1748	1258	250	20	<u>100</u>	<u>40</u>	150	4500
АКХ-160	160	407	2,2	5958	2308	1258	300	20	150	80	150	5560
2АКХ-30	60	152	2,2	3268	908	1258	100	20	<u>50</u>	<u>25</u>	100	2940
2АКХ-45	90	232	2,2	3438	1328	1258	150	20	100	40	100	4180
2АКХ-120	240	604	4,4	5958	1748	1258	250	20	<u>100</u>	<u>40</u>	200	9860
2АКХ-160	320	814	4,4	5958	2308	1258	300	20	150	125	200	11960

* В числителе значение *d*₃ и *d*₄ для верхнего яруса, а в знаменателе для нижнего

Основные технические данные аммиачных горизонтальных кожухотрубных испарителей

Испаритель	Площадь наружной поверхности теплообмена, м ²	Размеры, мм			Число труб	Число ходов	Вместимость пространства, м ³		Условный проход патрубков, мм			Масса, кг
		диаметр <i>D</i>	длина <i>L</i>	высота <i>H</i>			межтрубного	трубного	<i>d</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	
ИТГ-40	40	500	4510	1285	138	8	0,5	0,18	80	25	80	1435
ИТГ-50	50	600	3560	1470	210	8	0,52	0,25	80	25	100	1585
ИТГ-63	63	600	4560	1470	210	8	0,7	0,32	80	25	100	1970
ИТГ-80	80	600	5560	1740	210	8	0,885	0,4	80	25	125	2400
ИТГ-125	125	800	4650	1800	390	8	1,14	0,61	125	25	150	3530
ИТГ-160	160	800	5650	1800	390	8	1,58	0,72	125	25	150	4230
ИТГ-200	200	1000	4780	2060	626	8	2,1	0,76	150	25	200	5530
ИТГ-250	250	1000	5780	2060	626	8	2,64	0,95	150	40	200	6600
ИТГ-315	315	1200	5890	2520	870	4	3,8	2,0	200	40	250	9380
ИТГ-400	400	1200	6890	2520	870	4	4,3	2,3	200	40	250	15550

Примечание. Условное обозначение: И – испаритель, Т – трубчатый, Г – горизонтальный, цифры после букв – площадь наружной поверхности теплообмена, м²

Таблица 30.4

Основные технические данные фреоновых горизонтальных кожухотрубных испарителей

Испаритель	Хладагент	Площадь наружной поверхности, м ²	Размеры кожуха, мм		Число труб	Число ходов	Диаметр штуцеров, мм			Масса, кг
			<i>D</i>	<i>L</i>			жидкостного	всасывающего	хладоносителя	
ИТР-12	R12, R134a	12	325	1415	70	6	25	50	50	300
ИТР-18	R12, R134a	18	325	1665	84	6	32	50	50	360
ИТР-25	R12, R134a	25	400	1665	118	6	32	50	70	425
ИТР-35	R12, R134a	35	500	2500	145	4	40	70	80	575
ИТР-105	R12, R134a	105	600	3700	241	4	50	100	125	1650
ИТР-210	R12, R134a	210	800	3700	491	4	50	125	150	3000
ИТР-400	R12, R134a	400	1200	3870	920	4	70	125	200	6068
ИТР-65	R22, R134a	65	500	2435	210	4	32	100	80	1035
ИТР-35Н*	R22, R134a	35	500	3000	123	4	25	125	80	900

* Н – низкотемпературный при *t*₀ до -80°C

Основные технические данные труб для изготовления приборов охлаждения

Размеры, мм			Площадь поверхности теплопередачи 1 м оребренной трубы f_m^2	Масса 1 м трубы, кг		Объем 1 м трубы V , $м^3$
труб (ГОСТ-8732)	ленты 1-НП-М-710	шаг ореб- рения, мм		глад- кой	оребрен- ной	
Аммиачные батареи						
57х3,5	1х45	35,7	1,01	4,62	9,22	0,00196
38х2,5		30,0	0,93	2,19	6,99	0,00086
38х2,5		20,0	1,33	2,19	9,39	0,00086
Рассольные батареи						
57х3,5	1х45	35,7	1,01	4,62	9,22	0,00196
38х3		30,0	0,93	2,59	7,39	0,00086
38х3		20,0	1,33	2,59	9,79	0,00086
Аммиачные воздухоохладители						
38х2,5	0,8х30	20,0	0,76	2,19	5,08	0,00086
38х2,5	0,8х30	13,3	1,08	2,19	6,53	0,00086
25х2,5	0,6х20	16,0	0,44	1,39	2,59	0,000314
25х2,5	0,6х20	10,0	0,65	1,39	3,29	0,000314
Рассольные воздухоохладители						
38х3	0,8х30	20,0	0,76	2,59	5,48	0,00086
38х3	0,8х30	13,3	1,08	2,59	6,93	0,00086
25х3	0,8х20	16,0	0,44	1,63	2,83	0,000284
25х3	0,8х20	10,0	0,65	1,63	3,53	0,000284

Характеристика секций для изготовления батарей

Тип секций	Размеры, мм		Число промежутков между трубами	Площадь поверхности теплообмена (м ²) при шаге t ₁ , мм		Масса (кг) при шаге t ₁ , мм	
	L	H		20	30	20	30
СК		1000	3	20,7	14,3	108,9	83,9
		1500	5	31,0	21,5	163,6	126,1
СЗГ	2750	1000	3	19,9	13,7	104,4	80,4
		1500	5	29,8	20,5	157,5	120,5
СЗХ		1000	3	19,9	13,7	105,2	81,2
		1500	5	29,8	20,5	158,3	121,3
	3000	1000	3	22,8	15,7	117,1	90,0
		1500	5	34,2	23,6	176,7	134,9
СС	4500	1000	3	34,5	23,8	178,2	135,7
		1500	5	51,8	35,7	267,2	203,7
	6000	1000	3	46,3	31,9	238,3	181,7
		1500	5	69,5	47,9	357,4	272,4
СЗ	2000	1000	3	13,1	9,1	73,0	57,2
	2000	1500	5	19,7	13,6	109,9	84,7
	4500	1000	3	32,7	22,6	171,2	431,5
	4500	1500	5	49,1	33,9	257,1	197,6
С2К	2000	1000	3	14,6	10,2	89,8	71,7
	2000	1500	5	21,9	15,4	133,5	107,4
	4500	1000	3	34,2	23,7	183,3	142,0
	4500	1500	5	51,4	35,6	274,5	212,5

**Основные технические данные воздухоохладителей типов ВОП, ВОГ,
НВО и ФВП**

Типоразмер	Площадь наружной поверхности теплообмена, м ²	Номинальный тепловой поток (Вт) при $\theta = 10^{\circ}\text{C}$	Число секций	Шаг оребрения	Мощность вентилято- ра, кВт		Объемная подача воздуха, м ³ /с		Габаритные размеры, мм			Вмести- сти- мость труб, м ³	Масса, кг
					при частоте вращения, с ⁻¹								
					16,7	25	16,7	25	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>		
Я10-AB2-50	50	5800	3	13,4	0,37	0,55	0,67	0,94				0,025	340
Я10-AB2-75	75	8700	3	8,6	0,37	0,55	0,67	0,94	1900	1000	730	0,025	380
Я10-AB2-	100	11600	8	17,5	1,1	1,5	1,37	2,7	1910	2176	800	0,061	735
Я10-AB2-	150	17400	8	11,3	1,1	1,5	1,37	2,7	1910	2176	800	0,061	843
Я10-AB-250	250	29000	16	17,5	1,5	4,0	4,86	7,5	1950	2200	1270	0,150	1570
				и 13,4									1525
НВО-80	80	9300	9	15	—	1,5	—	2,2	1750	1070	1100	0,041	390
				и 7,5									
НВД-125	125	14530	9	15	2,2	—	3,5	—	2430	1070	1100	0,058	435
				и 7,5									
НВД-200	200	23260	12	15	—	3,0	—	5,55	2700	1200	1100	0,099	735
Я10 - ФВП				и 7,5									
	330	38280	24	17,5 и 13,4	—	2,2	—	4,4	2145	1840	3080	0,208	2400

Таблица 32.2

**Основные технические данные воздухоохладителей с поперечно-спиральным
оребрением**

Воздухоохла- датель	Площадь поверхности охлаждения, м ²	Шаг оребре- ния, мм	Объемная подача воз- духа (рас- четная), м ³ /с	Вмести- мость по аммиаку, лм ³	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
					длина	ширина	высота	
НВОЛ-1-80	84	10	2,22	40,5	1760	960	1130	613
НВОЛ-1-100	105	10	2,77	50,5	2120	960	1130	677
НВОЛ-1-125	123	10	3,47	58,3	2360	1020	1320	712
НВОЛ-1-160	158	10	4,44	75,0	2910	1020	1320	764
НВОЛ-1-200	210	10	5,55	99,4	3260	1170	1360	998
НВОЛ-1-250	251	10	6,94	122,2	3860	1170	1158	1198
НВОЛ-П-160	172	16	5,55	122,2	2910	1020	1320	764
НВОЛ-11-200	201	16	6,94	141,6	3260	1170	1360	998
НВОЛ-11-250	250	16	8,33	177,0	3860	1170	1158	1198
ПВОЛ-100	100	13,3	2,72	81,5	3270	460	3050	1100
НВОЛ-160	158	13,3	4,44	130,4	3270	540	3090	1600
ПВОЛ-250	250	13,3	6,94	203,7	3270	760	3050	2300

Продолжение (прил. 32)

Таблица 32.3

Основные технические данные комбинированных воздухоохладителей

Показатель	Воздухоохладитель площадью поверхности охлаждения, м ²			
	120	180	270	405
Тепловой поток через воздухоохладитель при $\theta = 10^\circ\text{C}$	28000	42000	63000	94000
Габаритные размеры, мм:				
Длина	1530	1750	2300	3150
Ширина	1440	1440	1530	1530
Высота	3725	4200	4200	4200
Объемный расход, м ³ /с:				
Воздуха	1,39	1,80	2,0	3,0
Антифриза	0,0019	0,0024	0,0027	0,0041

Приложение 33

Таблица 33.3

Физические свойства сухого воздуха

Температура, $t, ^\circ\text{C}$	Плотность, $\rho, \text{кг/м}^3$	Удельная теплоемкость, $c_p, \text{кДж/(кг} \cdot \text{K)}$	Теплопроводность, $\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/(м} \cdot \text{K)}$	Температуропроводность, $a \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Кинематическая вязкость, $\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Коэффициент вязкости, $\mu \cdot 10^6, \text{Н} \cdot \text{с/м}^2$	Число Прандтля
-50	1,584	1,013	2,04	12,7	9,23	14,6	0,728
-40	1,515	1,013	2,12	13,8	10,04	15,2	0,728
-30	1,453	1,013	2,20	14,9	10,80	15,7	0,723
-20	1,395	1,009	2,28	16,2	12,79	16,2	0,716
-10	1,342	1,009	2,36	17,4	12,43	16,7	0,712
0	1,293	1,005	2,44	18,8	13,28	17,2	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	14,16	17,6	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	15,06	18,1	0,703

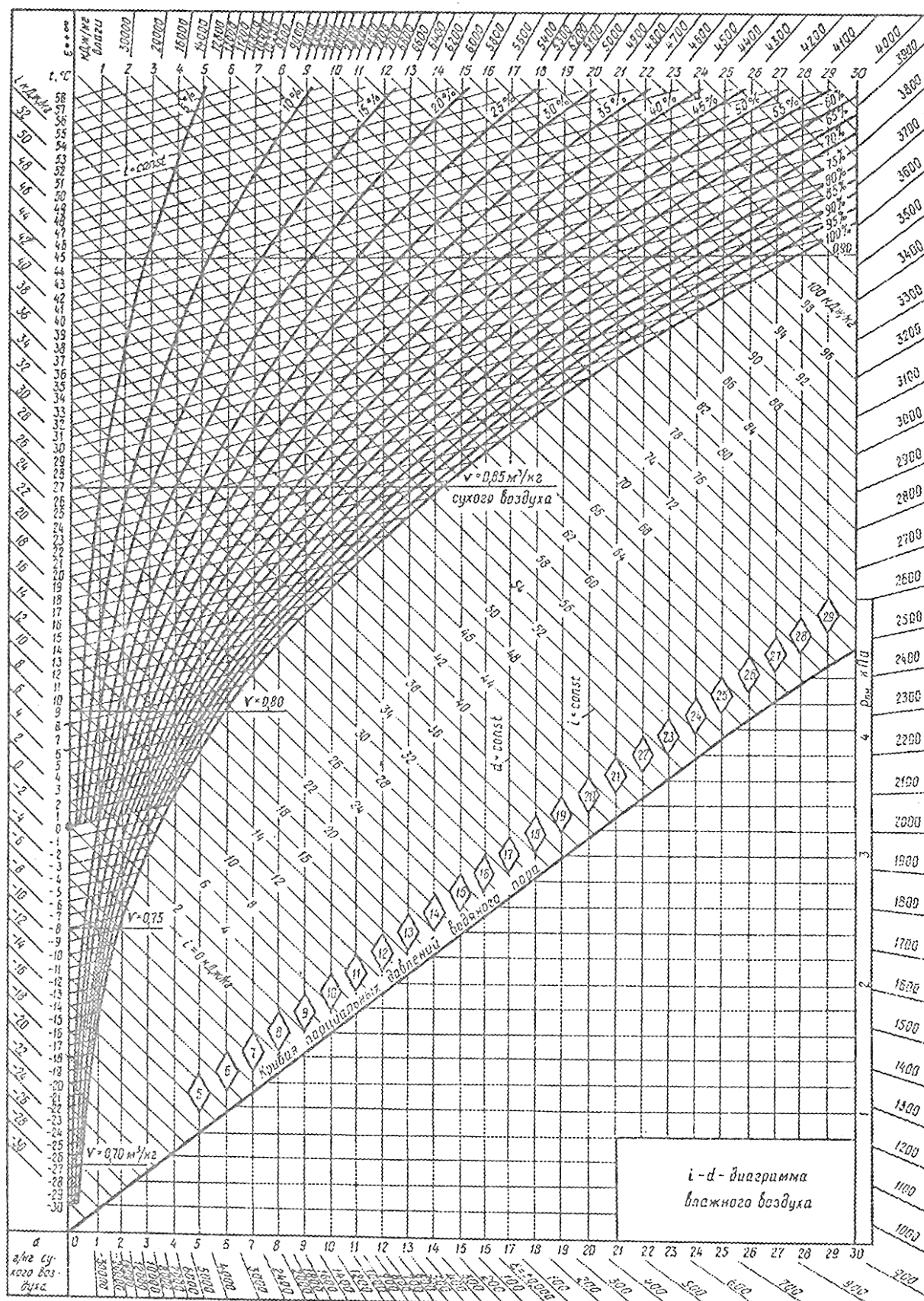


Рис. 34.1 i - d -диаграмма влажного воздуха

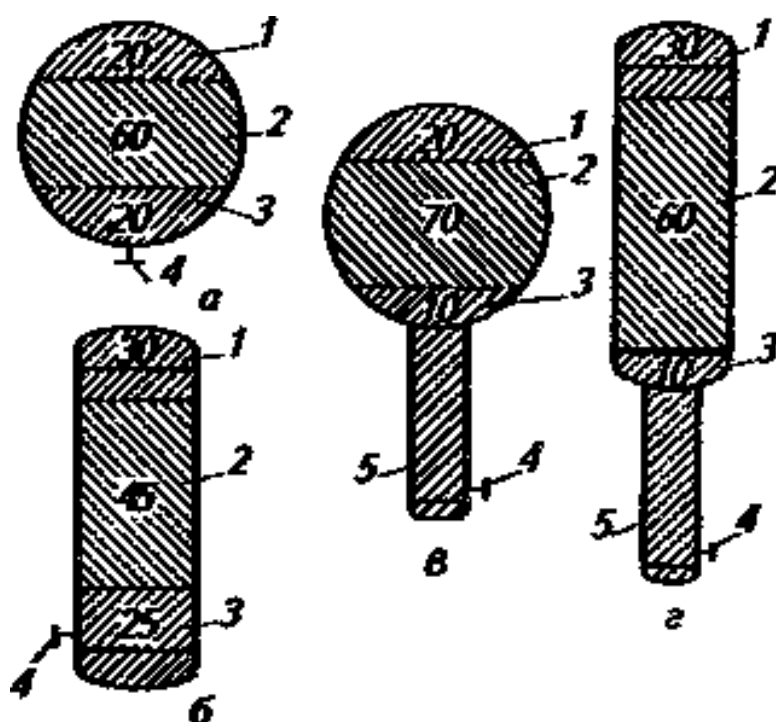


Рис. 35.1. Расчетные схемы заполнения циркуляционных ресиверов:

а–горизонтальною; *б*–вертикального; *в* – горизонтального со стояком; *г*–вертикального со стояком: 1– паровое пространство ресивера %; 2–объем для приема жидкого аммиака из испарительной системы $V_{ж},\%$; 3–рабочее заполнение ресивера $V_{р.з}, \%$; 4 – жидкостный патрубок к насосу; 5–жидкостный стояк

Приложение 36
Таблица 36.1

Основные технические данные отделителей жидкости

Типоразмер	Диаметр корпуса $D \times s, \text{мм}$	Высота $H, \text{мм}$	Диаметры штуцеров, мм			Масса, кг
			d	d_1	d_2	
70 ОЖВ	426x9	1725	70	20	40	185
100 ОЖГ	500x8	2060	100	32	40	244
125 ОЖГ	600x8	2100	125	32	80	310
150 ОЖГ	800x8	2710	150	50	80	540
200 ОЖГ	1000x10	2815	200	50	125	940
250 ОЖМ	1000x10	2935	250	32	50	960
300 ОЖМ	1200x12	3045	300	50	50	1370

Основные технические данные маслоотделителей

Типоразмер	Условный проход штуцера (вход и выход пара) d , мм	Диаметр корпуса $D \times s$, мм	Высота H , мм	Объем, м^3	Масса, кг
50 МА	50	273x8	1335	0,043	98
80 МА	80	325x9	1440	0,065	139
100 МА	100	426x9	1760	0,173	220
125 М	125	500x8	1945	0,278	256
150 М	150	600x8	2305	0,492	403
200 М	200	700x8	2410	0,707	535
300 М	300	1200x12	3555	0,330	1780
100 ОММ	100	426x9	1850	0,174	223
125 ОММ	125	500x6	2125	0,320	275
150 ОММ	150	600x8	2650	0,780	359
200 ОММ	200	700x8	2750	0,830	520
65 МО	65	325x9	1100	0,063	108
100 МО	100	325x9	1100	0,063	130
80ЦМО	80	500x6	1210	0,170	158
21ЦМО 100	100	600x8	1690	0,140	228

Примечание. Маслоотделители марки ОММ – барбатажные, остальные циклонные.

Основные технические данные маслособирателей типа МЗС

Типоразмер	Диаметр корпуса $D \times s$, мм	Высота H , мм	Объем, м^3	Масса, кг
10 МЗС	159x4,5	720	0,01	16
60 МЗС	325x8	1200	0,06	81

Приложение 39

Таблица 39.1

Основные технические данные промежуточных сосудов

Типоразмер	Диаметр корпуса $D_{\text{нх}}$, мм	Высота H , м	Условные проходы патрубков, мм				Площадь теплопередающей поверхности змеевика, м^2	Объем аппарата, м^3	Масса, кг
			На входе пара	на входе пара d_2	на выходе и входе жидкости в змеевик d_3	Впрыска жидкости d_4			
40ПС ₃	426х9	2390	70	70	20	20	1,75	0,22	330
60ПС ₃	600х6	2800	150	125	32	32	4,3	0,67	570
80ПС ₃	800х6	2920	150	150	32	32	6,3	1,15	800
100ПС ₃	1000х8	2940	200	200	50	40	8,6	1,85	1230
120ПС ₃	1200х10	3640	300	300	50	40	10,0	3,3	1973
СП600	600х8	2215	100	100	25	20	–	0,514	450
СП800	800х8	2990	150	150	32	32	–	1,15	895

Приложение 40

Таблица 40.1

Сортамент стальных труб

D_y , мм	$D_{\text{нхс}}$, мм	f , м^3	$v \cdot 10^3$, м^3	Масса трубы 1 м, кг	D_y , мм	$D_{\text{нхс}}$, мм	f , м^3	$v \cdot 10^3$, м^3	Масса трубы 1 м, кг
10	14х1,6	0,0440	0,092	0,49	100	108х4,0	0,3390	7,85	10,26
15	18х1,6	0,0565	0,172	0,65	125	133х4,0	0,4176	12,26	12,73
20	25х1,6	0,0785	0,373	0,92	150	159х4,5	0,4993	17,66	17,15
25	32х2,0	0,1005	0,615	1,48	200	219х7,0	0,6877	33,00	36,60
32	38х2,0	0,1193	0,907	1,78					
40	45х2,5	0,1413	1,260	2,62	250	273х8,0	0,8572	51,85	52,28
50	57х3,5	0,1790	1,960	4,62	300	328х8,0	1,0299	76,41	62,54
70	76х3,5	0,2386	3,740	6,26	350	377х9,0	1,1838	101,17	81,68
80	89х3,5	0,2790	5,280	7,38	400	426х10	1,3188	125,60	102,59

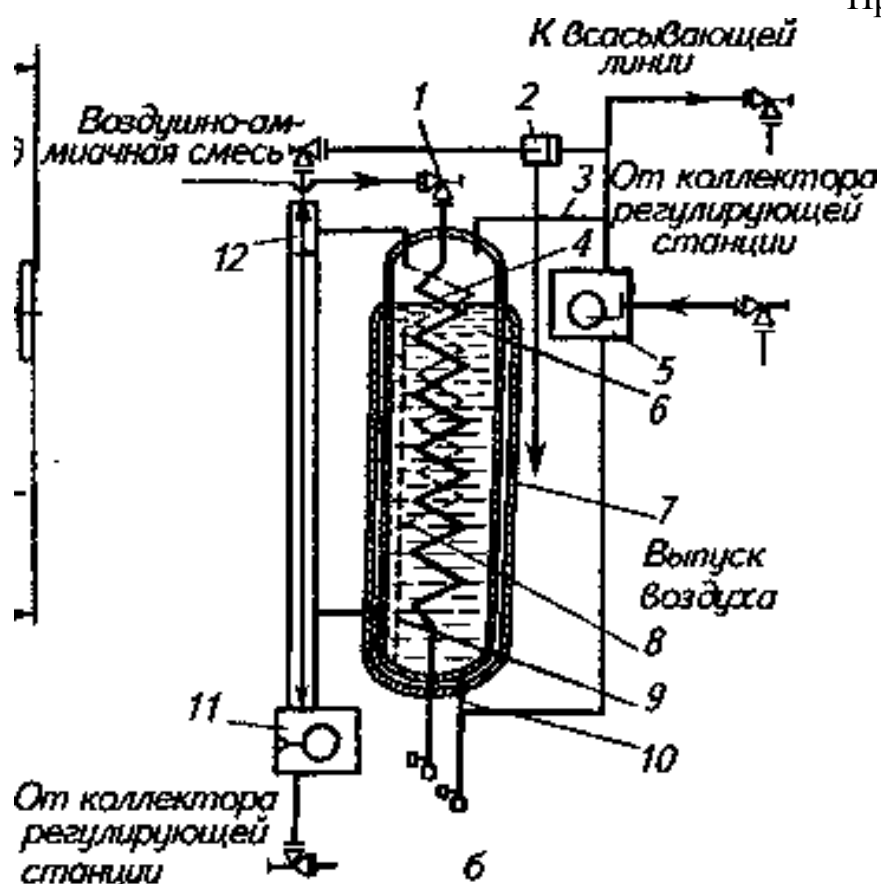


Рис. 41.1. Воздухоотделитель автоматический АВ-4:

1 – вентиль; 2 – мембранный клапан; 3, 9, 10 – трубки; 4 – змеевики;
5, 11 – поплавковые регуляторы; 6, 7 – сосуды; 12 – клапан для выпуска воздуха

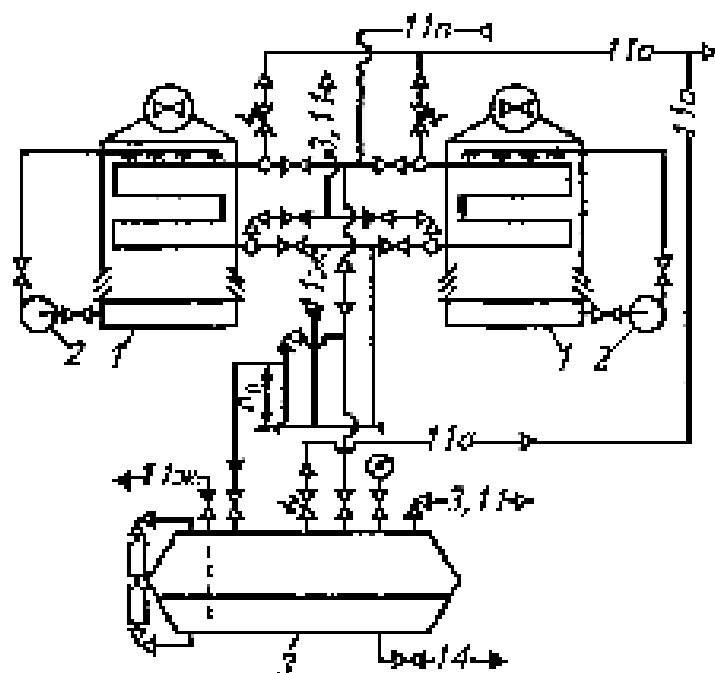


Рис. 42.1. Узел испарительных конденсаторов и линейного ресивера:
1 – испарительный конденсатор; 2– водяной насос; 3–линейный ресивер

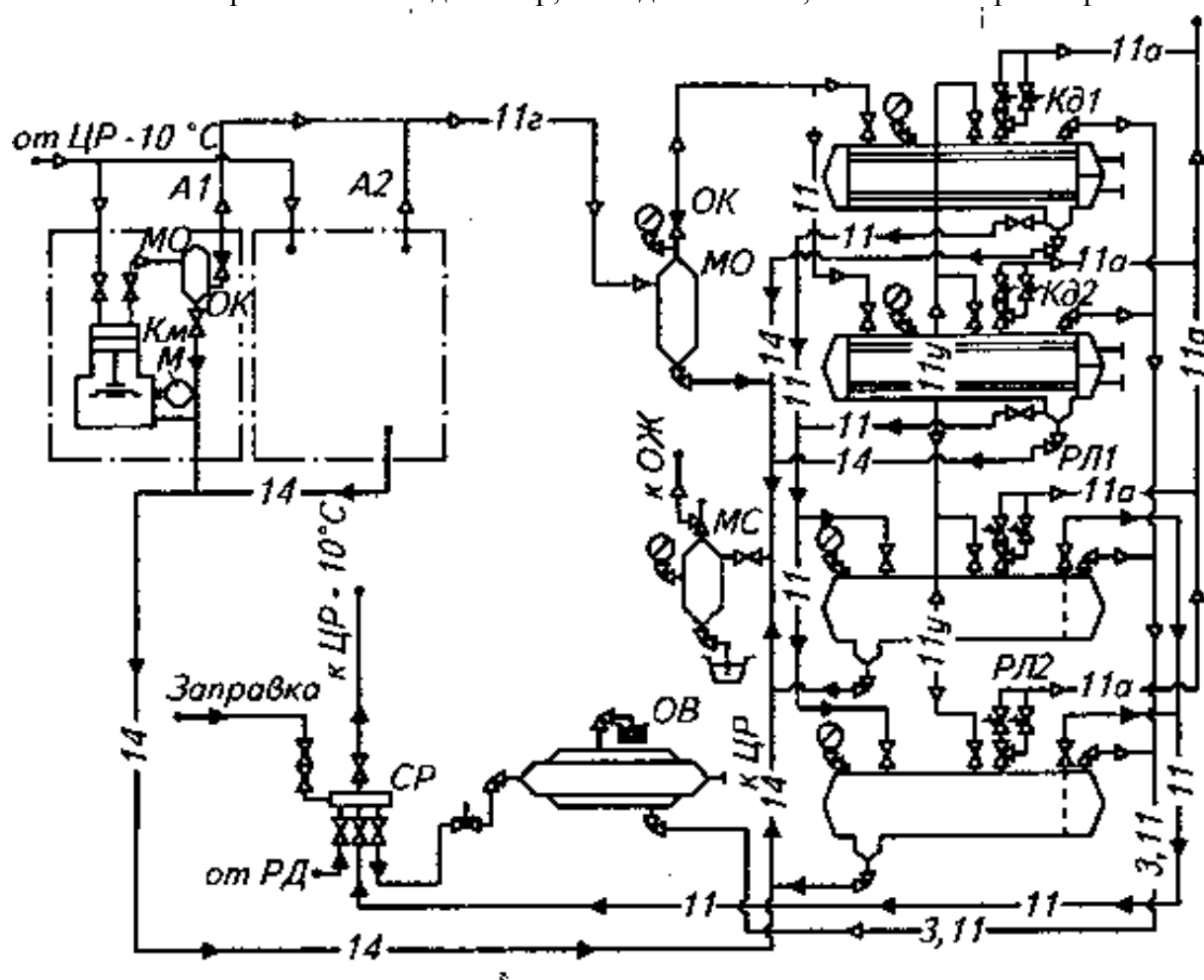


Рис. 42.2. Схема включения одноступенчатых компрессоров

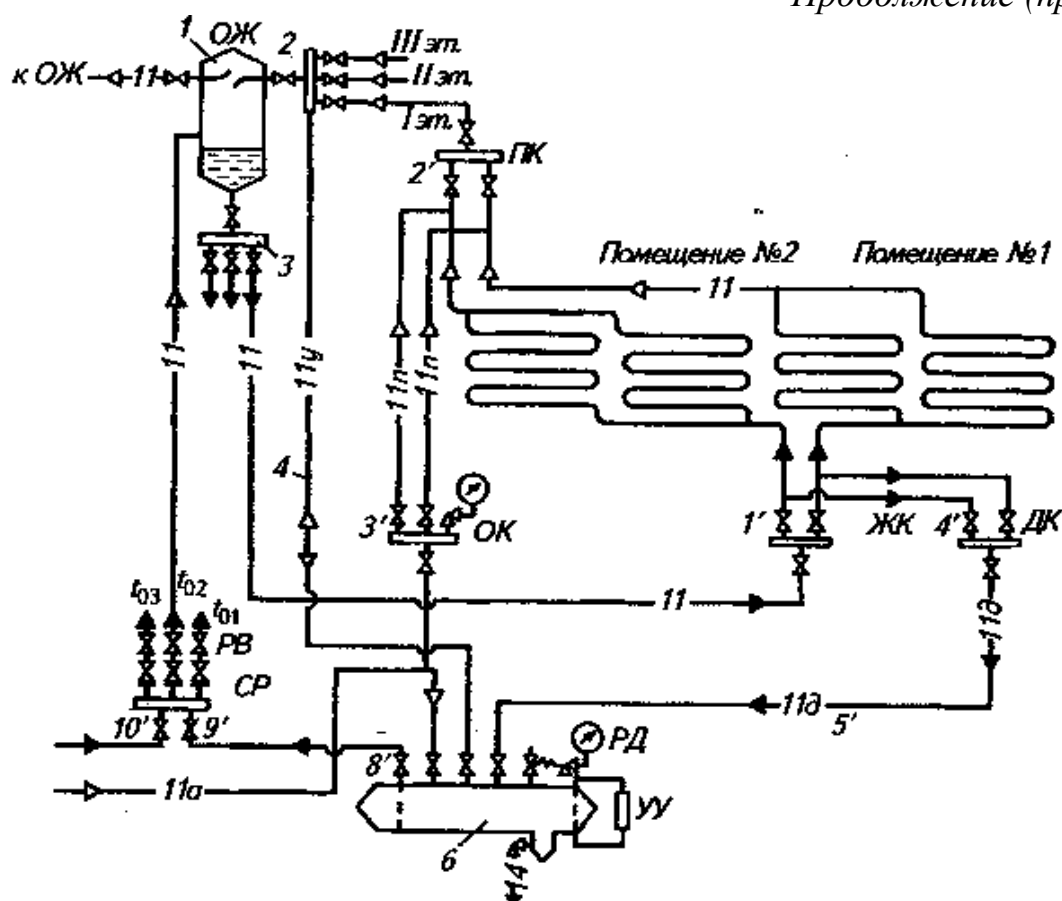


Рис. 42.3. Безнасосная схема с верхним расположением отделителя жидкости

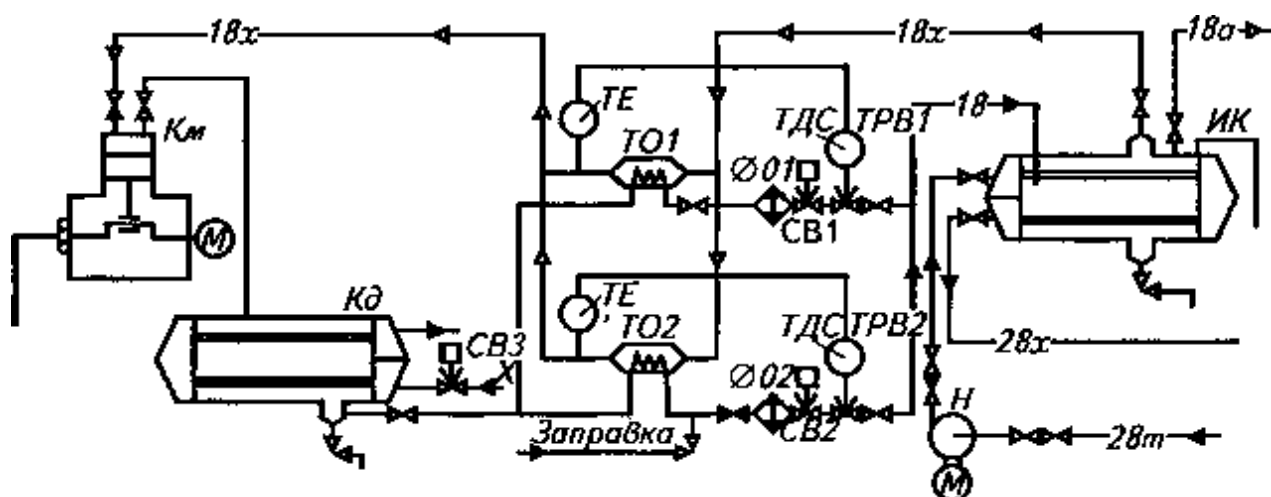


Рис. 42.4. Схема фреоновой холодильной машины с промежуточным хладоносителем

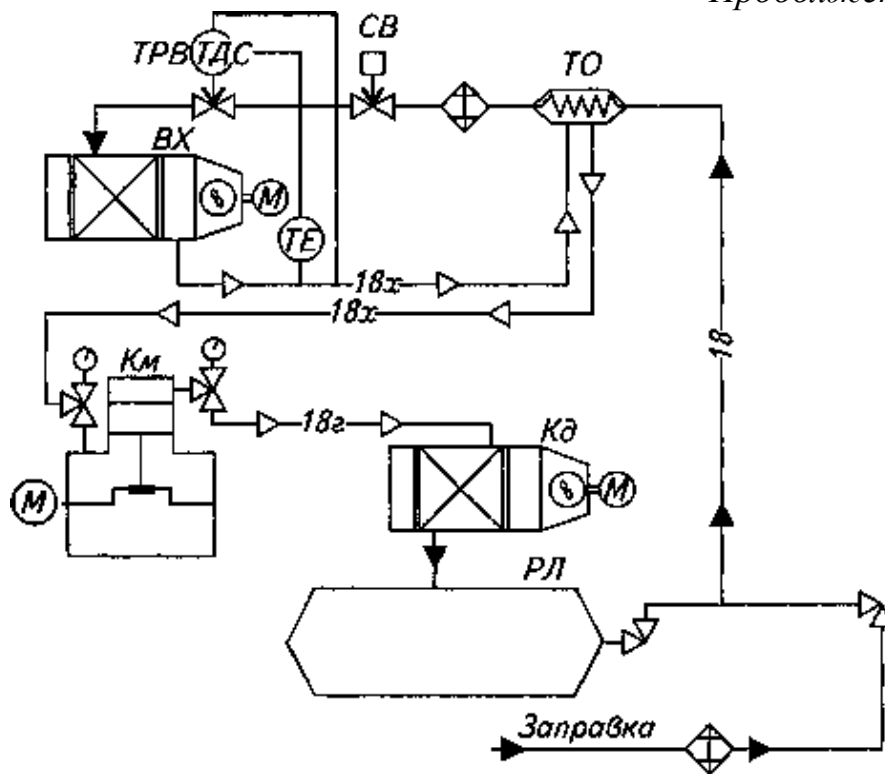


Рис. 42.5. Схема агрегатированной холодильной машины на R134ac
непосредственным охлаждением

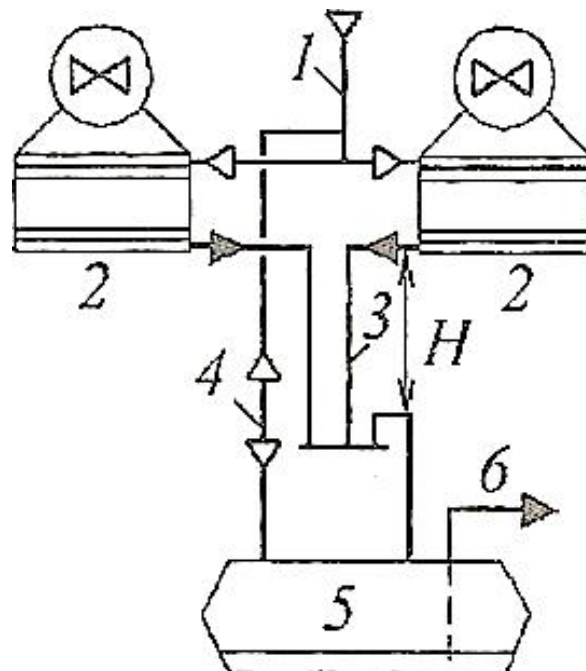


Рис. 42.6. Схема соединения воздушных конденсаторов и линейного ресивера:
1 – нагнетательный трубопровод; 2 – конденсаторы; 3 – сливные трубопроводы;
4 – уравнильный трубопровод; 5 – линейный ресивер; 6 – жидкостный
трубопровод.

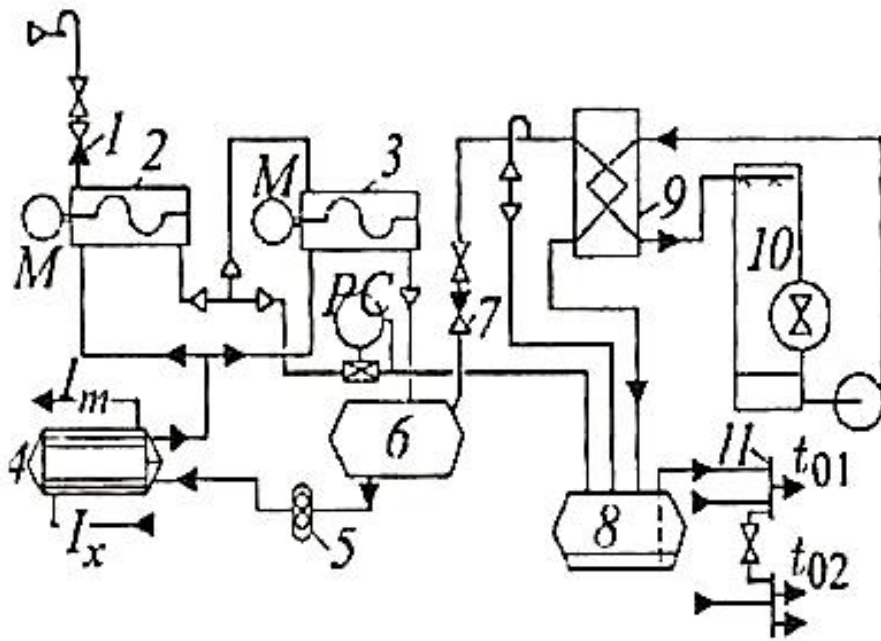


Рис. 42.7. Схема с двухступенчатым компрессорным агрегатом:

1, 7 – обратные клапаны; 2 – компрессор ступени низкого давления; 3 – компрессор ступени высокого давления; 4 – маслоохладитель; 5 – шестеренчатый насос; 6 – маслоотделитель; 8 – линейный

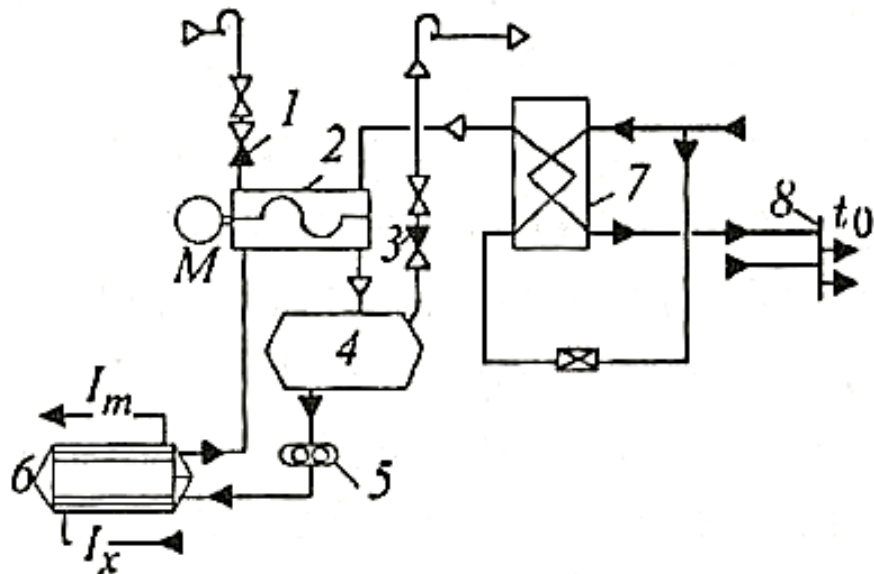


Рис. 42.8. Экономайзерная схема винтового компрессорного аппарата:

1, 3 – обратные клапаны; 2 – винтовой компрессор; 4 – маслоотделитель; 5 – шестеренчатый насос; 6 – маслоохладитель; 7 – экономайзер; 8 – распределительный коллектор регулирующей станции.

					Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	

					МФ ФГБОУ ВО БГАУ 15.02.06				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.						Лит.		Лист	Листов
Провер.									
Н. Контр.									
Утв.									