

Министерство образования Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Хабаровский государственный технический университет»

СУДОВЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Методические указания к изучению дисциплины
и выполнению контрольной работы
для студентов заочной формы обучения

Хабаровск
Издательство ХГТУ
2004

УДК 621.629.12 (075.8)

Судовые холодильные установки и системы кондиционирования воздуха: Методические указания для студентов заочной формы обучения специальности 240500 /Сост. Ю. И. Запов.- Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2004. – 16 с.

Методические указания разработаны на кафедре «Двигатели внутреннего сгорания». В них изложены программа изучения дисциплины, задания для выполнения контрольной работы. Даны пояснения к изучению дисциплины и выполнению контрольной работы.

Печатается в соответствии с решением кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» и методического совета института транспорта и энергетики.

Главный редактор Л. А. Суевалова
Редактор Л. А. Суевалова
Компьютерная верстка А. В. Ильченко

Подписано в печать Формат 60x84 1/16
Бумага писчая. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 2,67. Тираж экз. Заказ .

Издательство Хабаровского государственного технического университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136

Отдел оперативной полиграфии издательства
Хабаровского государственного технического университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136

© Хабаровский государственный
технический университет, 2004

Введение

Цель изучения дисциплины – овладение основами теории судовых холодильных установок и систем кондиционирования воздуха на судах. Студент должен понимать рабочие процессы, происходящие в вышеуказанных системах автоматизации установок, уметь находить неисправности в работе, эффективно эксплуатировать холодильные установки и системы кондиционирования воздуха.

Дисциплина состоит из следующих разделов:

1. Основы теории судовых холодильных установок.
2. Теплоизоляция холодильных камер.
3. Определение холодопроизводительности судовой холодильной установки.
4. Рабочие процессы в судовых холодильных установках.
5. Конструкция элементов судовых холодильных установок и их расположение.
6. Типовые схемы судовых холодильных установок.
7. Автоматизация судовых холодильных установок.
8. Основы технической эксплуатации СХУ.
9. Системы кондиционирования воздуха и их эксплуатации

1. Основы теории судовых холодильных установок

Роль и значение холодильных установок (СХУ), систем кондиционирования воздуха (СКВ) на речных и морских судах: хранение пищевых продуктов, сжиженных газов, хранение углекислоты на судах, создание комфортных условий в помещениях, техническое кондиционирование воздуха. Понятие холодильной машины и холодильной установки.

Термодинамические основы получения низких температур: обратный цикл Карно, удельная массовая и объемная холодопроизводительность, удельная работа подводимая к компрессору, холодильный коэффициент. Хладагенты и их свойства.

Принципиальная схема и теоретический цикл одноступенчатой пароконденсаторной холодильной машины, влажный и сухой ход компрессора, регенеративный теплообменник, терморегулирующий клапан, переохлаждение хладагента, анализ цикла по диаграммам T-S

и 1gr-i. Сложные схемы холодильных машин: двухступенчатые, каскадные холодильные машины. Оценка и область применения.

Методические указания

Получение низких температур позволяет объяснить обратный цикл Карно, который является эталоном для холодильных машин. Сравнительный анализ показателей холодильных машин с показателями холодильного цикла Карно позволяет оценить совершенство холодильных машин.

При изучении холодильных машин студент должен уметь объяснить процессы, происходящие в холодильном цикле, используя принципиальные схемы и диаграммы, а также проводить сравнительный анализ и область их применения.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего необходимо использование ХМ при хранении газов и техническом кондиционировании воздуха?
2. Назовите показатели холодильного цикла.
3. Почему в реальных ХМ используется терморегулирующий вентиль, а не расширительный цилиндр?
4. Для чего необходим сухой ход компрессора?
5. Объясните назначение регенеративного теплообменника.
6. Всегда ли регенеративный теплообменник увеличивает холодильный коэффициент?
7. В каких случаях применяются двухступенчатые и двухкаскадные холодильные машины?

2. Теплоизоляция холодильных камер, трубопроводов, воздухопроводов

Изоляционные материалы и требования предъявляемые к ним. Типы изоляционных конструкций, защита изоляции от механических повреждений.

Методические указания

При изучении изоляционных материалов необходимо уделить внимание на преимущества того или иного материала согласно

требованиям, предъявляемым к ним. Выделить наиболее перспективные изоляционные материалы.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие материалы относятся к слоистым, волокнистым и ячеистым материалам?
2. Назовите идеальную изоляцию.
3. Назовите мероприятия по предотвращению увлажнения изоляции.

3. Определение холодопроизводительности судовой холодильной установки

Расчет теплопритока через изоляционные ограждения: теплопритоки от обрабатываемых грузов и продуктов, теплота вносимая наружным воздухом при вентиляции, теплопритоки от работающих механизмов и приборов освещения, теплота вносимая людьми. Необходимая холодопроизводительность установки.

Методические указания

При расчете теплопритоков через изоляцию возникают сложности в выборе оптимального варианта с точки зрения допустимых теплопритоков и невысокой стоимости холодильной установки. В данном случае стоимость определяется толщиной изоляции. Поэтому в практике используют нормативные значения коэффициента теплопередачи, так называемые экономически целесообразные значения ($k_o^{ж}$), для определения толщины изоляции.

$$(k_o^{ж}) = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \right)}$$

В приведенной зависимости $k_o^{ж}$ – нормативный коэффициент теплопередачи; α_1 и α_2 соответственно коэффициенты теплоотдачи от наружной и внутренней стенок; λ_i – теплопроводность изоляционного слоя; δ_i – толщина изоляционного слоя.

Теплоприток от вентиляции рассчитывается в тех охлаждаемых помещениях, где предусмотрена вентиляция, т.е. имеется приток наружного воздуха.

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких составляющих складывается теплоприток через изоляцию?
2. Как рассчитывается теплоприток при охлаждении и замораживании груза?
3. Что называется удельным погрузочным объемом и в каком расчете его используют?
4. Дайте пояснение коэффициента рабочего времени компрессора.
5. Чему равна холодопроизводительность установки?

4. Рабочие процессы в судовых холодильных установках

Идеальный компрессор. Подача, холодопроизводительность идеального компрессора. Мощность, подводимая к идеальному компрессору.

Объемные и энергетические потери в поршневом холодильном компрессоре: коэффициент подачи, индикаторный КПД компрессора, эффективные и электрические показатели. Влияние эксплуатационных факторов на рабочие коэффициенты. Характеристики компрессора. Основы расчета и подбор поршневых холодильных компрессоров.

Методические указания

При изучении идеального и реального компрессора необходимо уметь объяснять отличие процессов, происходящих в компрессорах по диаграммам в соответствующих координатах.

В процессе эксплуатации изменяется температура воды, охлаждающей конденсатор, возникает необходимость перестановки поддержания температурного уровня в охлаждаемом объекте. Это оказывает влияние на эффективность использования холодильной установки. Поэтому, освоив данный раздел, студент должен уметь использовать факторы, повышающие эффективность эксплуатации ХУ.

Вопросы для самоконтроля

1. Какой компрессор называется идеальным?
2. Что называется коэффициентом подачи?
3. Какие составляющие определяют объемные потери?
4. Объясните назначение энергетических потерь?

5. Объясните понятия: индикаторные, механические, эффективные, электрические показатели компрессора.
6. Что называется электрическим и эффективным холодильным коэффициентом?

5. Конструкция элементов судовых холодильных установок и их расположение

Классификация холодильных компрессоров, конструкция поршневых компрессоров. Конструкция и расчет конденсаторов, испарителей, регенеративных теплообменников. Маслоотделители, фильтры осушители, адсорбенты. Системы охлаждения и расположение холодильных установок на транспортных судах.

Методические указания

Студент должен знать конструкции, назначение и принцип действия элементов холодильной установки. При выборе и расчете испарителей необходимо обратить внимание на соответствие характеристик испарителей и компрессора.

Изучая фильтры осушителей обратить внимание на преимущества и недостатки адсорбентов, используемых в осушителях.

Вопросы для самоконтроля

1. Сделайте сравнительный анализ поршневых и винтовых компрессоров.
2. Какие типы конструкций конденсаторов и испарителей применяются в холодильных машинах?
3. Объясните принцип работы маслоотделителей и осушителей и покажите на принципиальной схеме их включение в ХМ.
4. Назначение и включение в ХМ регенеративного теплообменника.
5. Преимущества и недостатки центрального и децентрализованного расположения ХМ на рефрижераторных судах.
6. Сделайте сравнительный анализ рассольных и воздушных систем охлаждения.

6. Типовые схемы судовых холодильных установок

Холодильные установки с непосредственным охлаждением, рассольным и воздушным охлаждением. Системы охлаждения для

танков со сжиженным газом. Системы охлаждения контейнеров.

Методические указания

Типовые схемы необходимо рассматривать с использованием принципиальных схем, при этом на схеме должны быть показаны все необходимые элементы холодильной установки.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните принцип работы холодильных установок непосредственного, рассольного и воздушного охлаждения.
2. Объясните охлаждение рефрижераторных и изотермических контейнеров.
3. Принцип работы и назначение холодильных установок для танков.

7. Автоматизация судовых холодильных установок

Системы автоматизации: система автоматического регулирования (САР), система автоматической защиты (САЗ), система автоматической сигнализации. Назначение систем. Приборы, применяющие в автоматизации ХУ.

Автоматическое регулирование температуры в охлажденном помещении.

Автоматическое регулирование температуры кипения хладагента, способы регулирования холодопроизводительности компрессора.

Автоматическое регулирования хладоносителя. Автоматическое регулирование перегрева паров. Автоматическое регулирование давления конденсации.

Автоматическая защита и контроль холодильных установок: защита от повышения давления нагнетания, защита от понижения всасывания, защита от понижения давления в системе смазки компрессора, защита от повышения температуры нагнетания, влажного хода, высокого пускового момента компрессора.

Типовая схема автоматизации холодильной установки с двумя контурами охлаждения.

Методические указания

САР имеет два назначения:

1. Автоматическое поддержание температурного режима в

охлаждаемом объекте.

2. Автоматическое поддержание заданного перегрева паров.

Автоматическое поддержание температурного режима в охлаждаемом объекте идет по следующим направлениям:

- автоматическое регулирования температуры в охлаждаемом объекте;
- автоматическое регулирование температуры кипения хладагента;
- автоматическое регулирования хладоносителя.

Основываясь на вышеизложенном нужно усвоить способы поддержания температурного режима в помещении.

При этом оценить эффективность использования того или иного способа в зависимости от конструкции холодильной установки.

Изучая автоматическое регулирование перегрева паров обратите внимание в каких случаях применяется внутреннее, а в каких – внешнее уравнивание.

Достаточно полное объяснение расположения и включения элементов системы автоматики дает типовая схема с двумя автономными контурами охлаждения. Поэтому необходимо достаточно хорошо усвоить работу холодильной установки по этой схеме.

Вопросы для самоконтроля

1. Назначение прибора «до себя».
2. Какой прибор называется прессостатом?
3. Объясните коэффициент использования испарителя.
4. В каких случаях используется при регулировании температуры в помещении метод изменения коэффициента теплопередачи?
5. Назовите элементы системы автоматизации при поддержании температурного уровня в помещении методом автоматического регулирования температуры в помещении.
6. Назначение и работа соленоидного вентиля.
7. Объясните способ регулирования температуры пуск-остановка.
8. Объясните зону разброса при регулировании.
9. Почему ступенчатое регулирование неэффективно при большом количестве цилиндров компрессора?
10. Какие способы регулирования применяются путем изменения удельной объемной холодопроизводительности, коэффициента подачи?

11. Зачем необходимо регулировать давление конденсации?
12. Что называется статической характеристикой конденсатора?
13. Какой фактор устанавливает допустимое максимальное давление нагнетания?
14. Как организуется защита системы от повышения давления нагнетания?
15. Объясните необходимость защиты от пониженного давления всасывания.
16. Как осуществляется защита от пониженного давления смазки и от повышения температуры нагнетания?
17. Зачем необходима защита от влажного хода и от пускового момента компрессора? Как это осуществляется?

8. Системы кондиционирования воздуха и их эксплуатация

Физические основы кондиционирования воздуха на судах. Санитарные нормы и комфортные условия. Судовые кондиционеры, их элементы и воздухораспределительные устройства. Схемы и сравнительные характеристики судовых систем кондиционирования воздуха. Автоматизация судовых систем кондиционирования воздуха.

Системы технического кондиционирования: системы осушения воздуха, адсорбционная силикагелевая установка, системы инертных газов.

Методические указания

Создание комфортных условий устанавливается санитарными нормами, а техническое кондиционирование – обеспечение благоприятных условий эксплуатации судового оборудования, цистерн и танков, сохранения качества перевозимых гидроскопических грузов, предотвращения взрывов на танкерах.

Режим работы при создании комфортных условий устанавливается в зависимости от температуры наружного воздуха. Кроме тепловлажностных условий большое значение имеет состав воздуха в обитаемом помещении. Он нормируется исходя из допустимой концентрации углекислого газа, кратности воздухообмена или малой подаваемости свежего воздуха в час на одного человека.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие системы кондиционирования воздуха находят применение на судах?
2. Назовите отличие режимов работы СКВ в зимний и летний периоды.
3. Объясните способы регулирования температуры воздуха за кондиционером.
4. Как осуществляется автоматическое регулирования влажности воздуха за кондиционером?
5. Какие системы технического кондиционирования применяются на судах?

9. Основы технической эксплуатации судовых холодильных установок

Подготовка холодильной установки к первоначальному пуску.

Пуск и остановка холодильной установки.

Признаки нормальной работы ХУ: температура кипения хладона, перегрев пара, температура компенсации, температура нагнетания, частота пусков компрессора, продолжительность открытия соленоидных вентилей.

Недостаток хладона в системе и масла в компрессоре. Возврат масла в компрессор. Влага и воздух в системе ХМ, удаление воздуха из конденсатора.

Обслуживание компрессоров, агрегатов и маслоотделителей.

Обслуживание средств автоматизации.

Методические указания

Под первоначальным пуском следует понимать пуск установки после ее монтажа или ремонта. Основные задачи пуска после остановки, вызванной какой-либо причиной и ее устранения - исключение гидравлического удара и пуск компрессора при минимальной нагрузке.

Контроль за нормальной работой холодильной установки заключается не только в обеспечении надежной работы, но и

получение эффективной ее работы, т.е. минимальные затраты мощности на привод компрессора при получении заданного холода.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие предварительные работы проводятся по подготовке к пуску холодильной установки?
2. Используя типовую схему холодильной установки объясните последовательность условий пуска.
3. Объясните необходимость перегрева пара.
4. Какое влияние на работу холодильной установки оказывают температура кипения хладона и конденсации?
5. Какие факторы вызывают увеличение температуры нагнетания?
6. Как определить ненормальную работу холодильной установки по частоте пусков компрессора?
7. Какие факторы заметно увеличивают продолжительность открытия соленоидного вентиля?
8. Как определить недостаток хладона в системе и масла в компрессоре?
9. Объясните способ возврата масла в компрессор и удаление шубы с испарителя.
10. Как определяется наличие воздуха в конденсаторе и способ его удаления?
11. Неисправности компрессора и их определение.
12. Обслуживание компрессоров и испарителей.
13. В чем заключается обслуживание средств автоматизации?

Задание на контрольную работу и указания к ее выполнению

Задание: Необходимо обеспечить заданную температуру в двух помещениях с минусовой и положительной температурой.

Исходные данные для расчета: тепловая нагрузка на испарители Q_H ; температура в охлаждаемых помещениях $t_{оп}$; температура охлаждающей воды, $t_в$. Численные значения указанных величин приведены в таблице.

Q_H , кВт	$t_{оп}$ °С	$t_{оп}$ °С	$t_в$ °С	Последняя
-------------	-------------	-------------	----------	-----------

				цифра шифра
4	-5	+1	10	1
6	-7	+2	12	2
8	-10	+3	14	3
10	-12	+4	16	4
12	-16	+5	18	5
12	-18	+6	20	6
10	-20	+7	18	7
8	-22	+8	16	8
6	-24	+9	14	9
4	-26	+5	12	0

Порядок выполнения задания

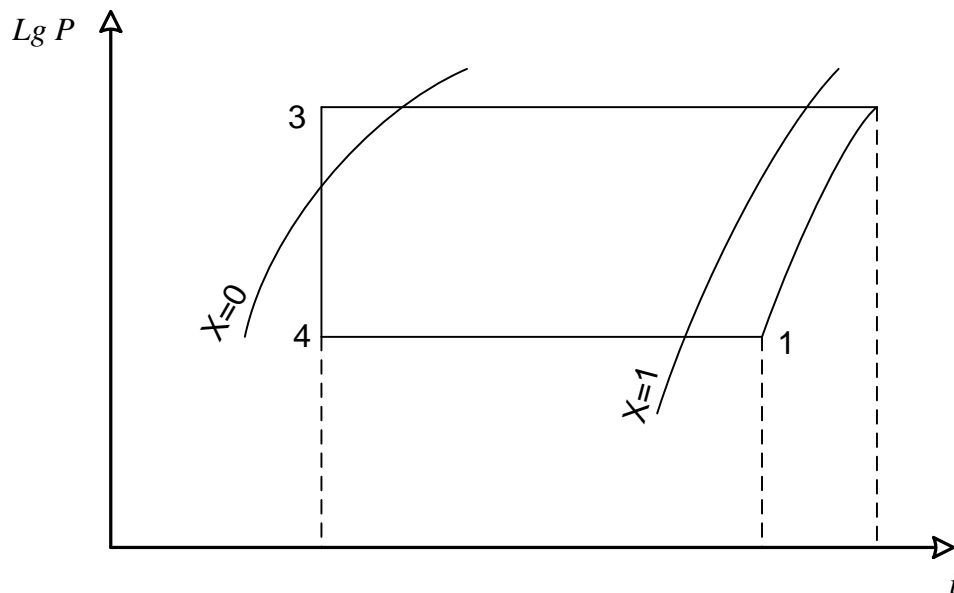
1. Выбрать принципиальную схему холодильной машины со всеми необходимыми агрегатами и системой автоматики. Дать пояснения выбора.
2. Обосновать выбор хладагента.
3. Объяснить тепловые потоки, определяющие тепловую нагрузку на испаритель.
4. Провести тепловой расчет холодильной машины:
 - а) на основании принятой принципиальной схемы и расчетного режима строят холодильный цикл в тепловой диаграмме (I_{gr-i}) для выбранного хладагента. Параметры узловых точек цикла температур, давление, удельные энтальпии и объем, необходимые для топливного расчета, заносятся в таблицу;
 - б) используя построенный холодильный цикл определяют удельную массовую холодопроизводительность, удельную работу сжатия в компрессоре, удельную тепловую нагрузку на конденсатор;
 - в) рассчитывается массовый расход циркулирующего хладагента, требуемый для отвода теплопритоков, M_T (кг/с);
 - г) рассчитывается теоретическая объемная производительность компрессора, V_T (m^3/c);
 - д) на основании полученного значения V_T , по каталогу или таблицам подбирают агрегат или комплексную холодильную машину с компрессорами, объемная подача которых $V_{пм}$ на 20-40 % больше требуемого V_T , что обеспечивает работу компрессора с

коэффициентом рабочего времени $\eta = 0,6-0,8$ или определить расчетным путем геометрические размеры компрессора. После выбора или расчета компрессора определяют действительный массовый расход хладагента в компрессоре и действительную хладопроизводительность.

5. Рассчитывают эффективную мощность компрессора и электрическую мощность, т.е. мощность, потребляемую электродвигателем из сети.
6. Тепловую нагрузку на конденсатор определяют без учета потерь в процессе сжатия $Q_H = M_{\text{км}} \cdot q = M_{\text{км}} (i_2 - i_1)$ или с учетом потерь $Q_{\text{кг}} = Q_0 + N$.
7. Определить холодильный коэффициент.

Методические указания

Для построения цикла необходимо знать температуру, давление испарителя и конденсатора, переохлаждение хладагента в конденсаторе и перегрев паров.



Цикл холодильной машины

На рисунке показан цикл одноступенчатой парокompрессорной холодильной установки. Линия 2-3 наносится согласно значениям температуры или давления в конденсаторе, а 1-4 - в испарителе. Точка 2 определяется пересечением адиабаты сжатия 1-2 и изобары 3-2.

Для удобства построения и расчета показателей цикла используется диаграмма $\lg p-I$ (см приложение) для выбранного хладагента. Так как в задании дано две камеры, то необходимо построить два цикла. Допускаем, что температура и давление в конденсаторе не изменяются, а параметры испарителя определяются заданной температурой помещений.

Удельная холодопроизводительность и удельная работа найдется как сумма этих величин двух циклов.

На пограничных кривых ($x=0, x=1$) отложены значения температур, см. диаграмму. Остальные кривые имеют следующие обозначения:

- - - - удельный объем пара перед компрессором;
- - значения энтропии;
- - кривые температур в зоне перегретого пара.

Библиографический список

Основная

1. Швецов Г.М., Ладин Н.В. Судовые холодильные установки. М.: Транспорт, 1986. 231 с.
2. Нестеров Ю.Ф. Судовые холодильные установки и системы кондиционирования воздуха. М.: Транспорт, 1991. 229 с.

Дополнительная

1. Явнель В.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. М.: Агропромиздат, 1989. 217 с.

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Основы теории судовых холодильных установок	3
Глава 2. Теплоизоляция холодильных камер, трубопроводов, воздухопроводов	4
Глава 3. Определение холодопроизводительности судовых холодильных установок	5
Глава 4. Рабочие процессы в судовых холодильных установках . .	6
Глава 5. Конструкция элементов судовых холодильных установок и их расположение	7
Глава 6. Типовые схемы судовых холодильных установок	8
Глава 7. Автоматизация судовых холодильных установок	8
Глава 8. Системы кондиционирования воздуха и их эксплуатация	10
Глава 9. Основы технической эксплуатации судовых холодильных установок	11
Задание на контрольную работу и указания к ее выполнению . . .	13
Порядок выполнения задания	13
Библиографический список	15

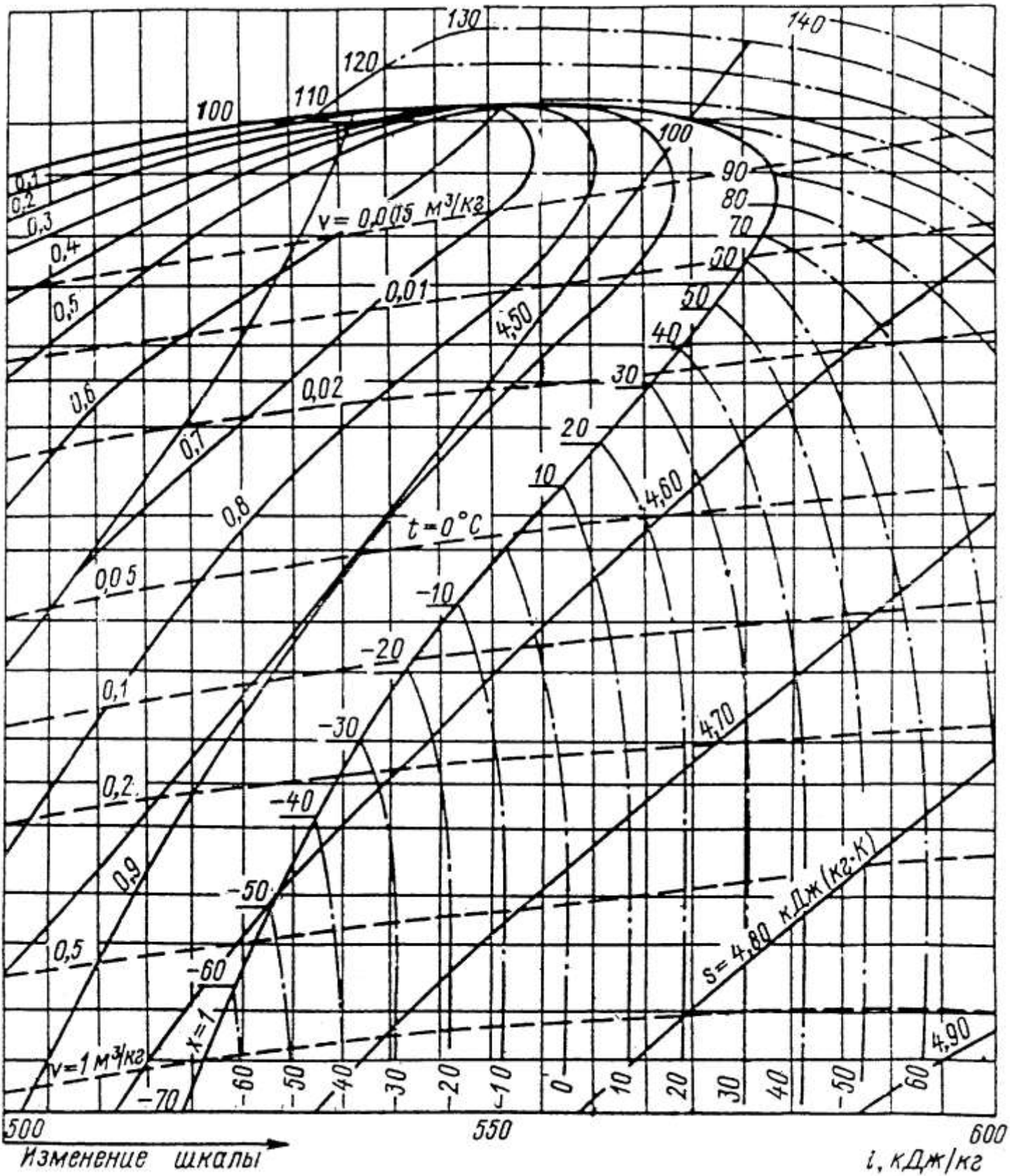


диаграмма для хладагента R12

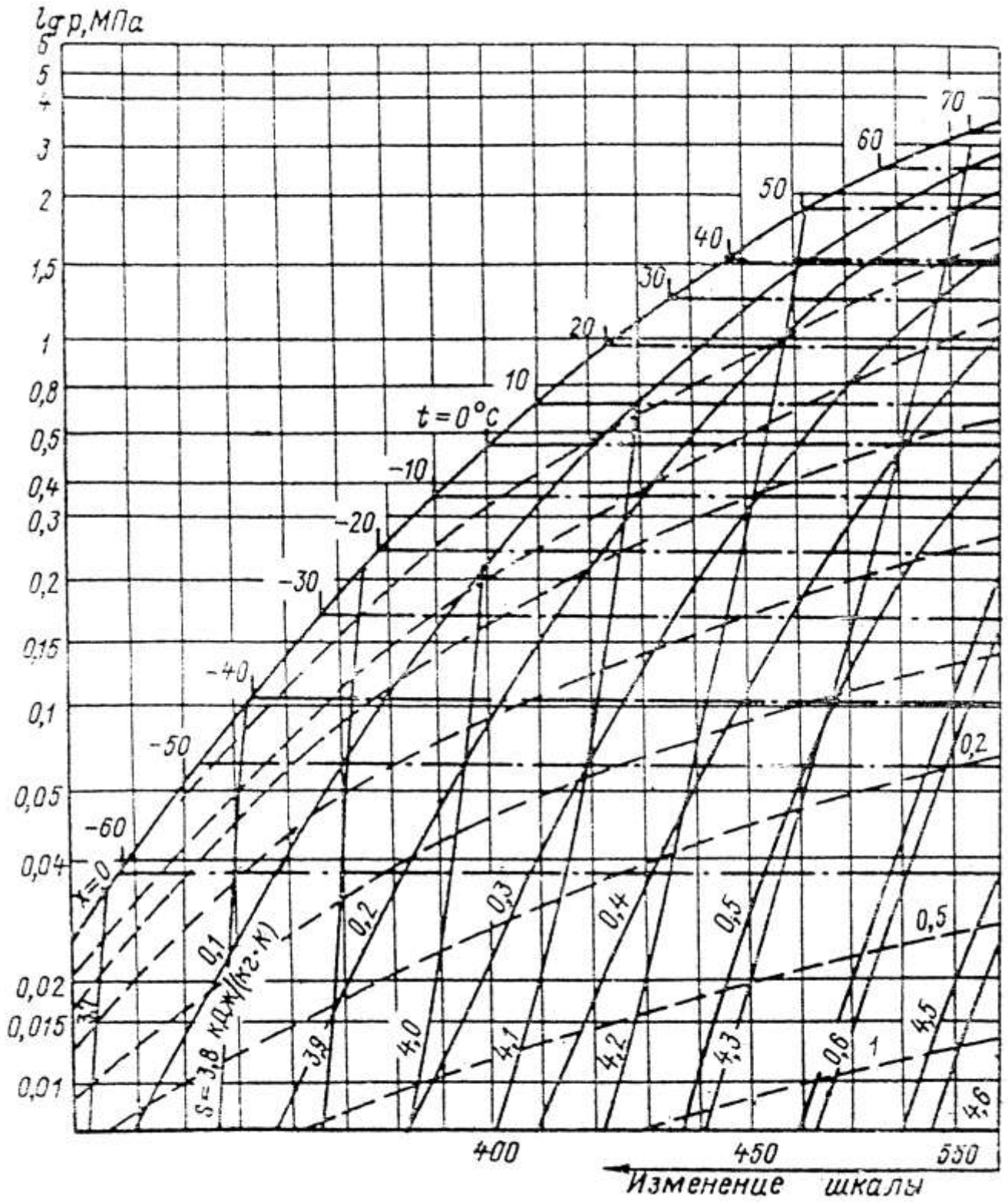


Рис. ПIV.2. $i - \lg p$ -диаг

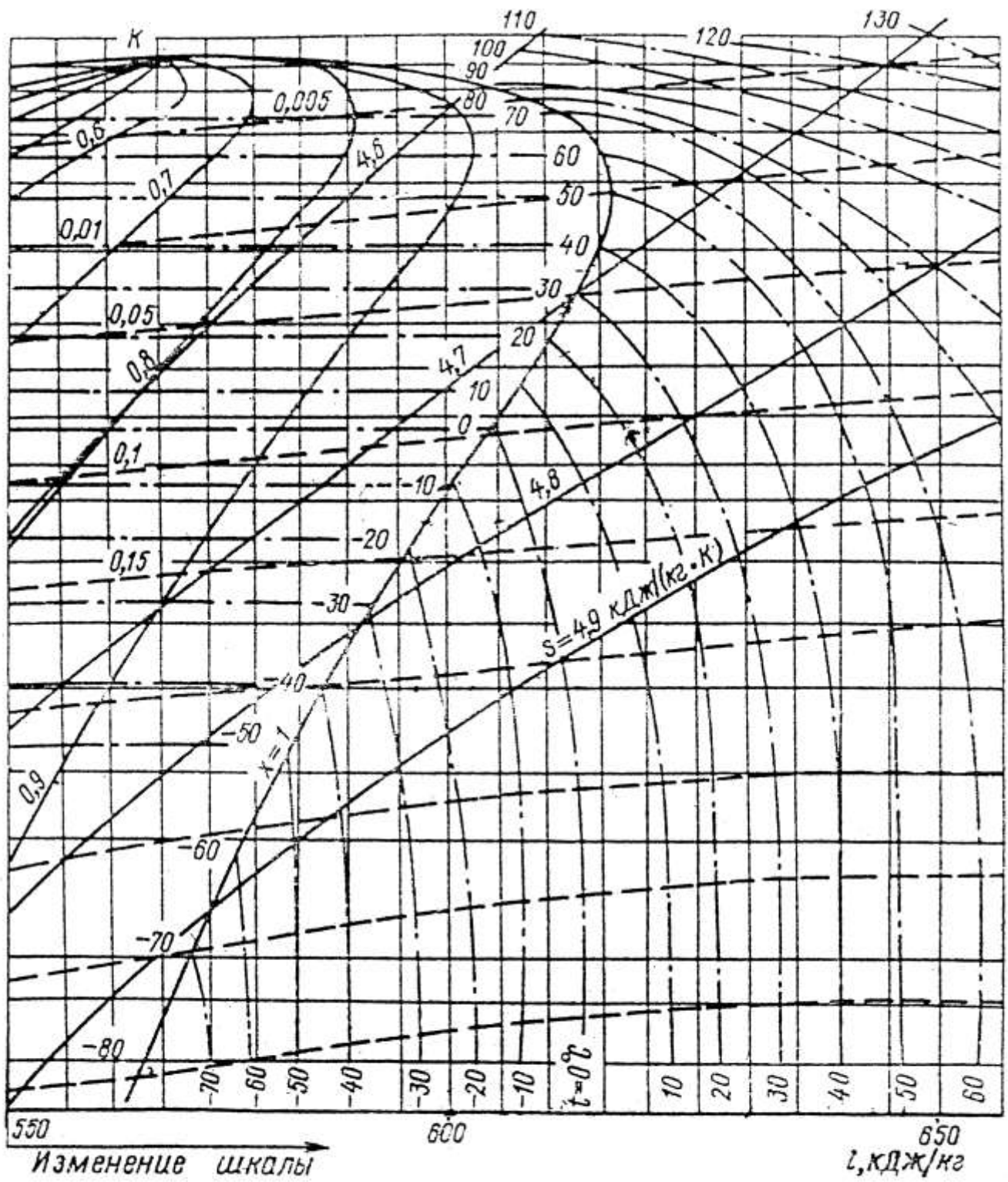


диаграмма для хладагента R22