

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 19.03.2021 11:24:37

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

по дисциплине

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

**Направление подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация
общественного питания**

Направленность (профиль) Технология и организация ресторанного дела

Квалификация выпускника: бакалавр

Для заочной формы обучения

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

Пятигорск, 2021 г.

Содержание

Введение	С. 2
Практическое занятие № 1	3
Практическое занятие № 2	10
Практическое занятие № 3	14
Практическое занятие № 4	17
Список рекомендуемой литературы	21
Приложения	23

Введение

Цель дисциплины «Холодильная техника и технология» - приобретение теоретических знаний, практических умений и навыков в области создания специальных условий для обработки и сохранения пищевых продуктов посредством искусственного холода.

Задачи холодильной техники и технологии можно свести к трем основным положениям.

1. Широкое исследование состава, структуры и свойств пищевых продуктов, изучение процессов, протекающих в продуктах, эффективное регулирование этих процессов в желательном направлении посредством изменения температуры и других факторов.

2. Разработка рациональных способов внешнего воздействия при холодильной обработке и хранении продуктов, а также наиболее благоприятных режимов осуществления таких процессов в соответствии с важнейшими особенностями каждого вида продуктов и свойственными ему изменениями при хранении.

3. Создание технических средств для реализации разработанных способов; анализ и оценка пригодности таких средств для осуществления заданных процессов.

Дисциплина «Холодильная техника и технология» входит в вариативную часть дисциплин модуля (Б1.В.10) подготовки бакалавра по направлению 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, направленности (профиля) Технология и организация ресторанного дела. Ее освоение происходит в 6 семестре.

Наименование практических работ

№ Темы	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Интерактивная форма проведения
	6 семестр		
3	Практическая работа 1. Построение процессов и циклов паровых компрессионных холодильных машин в термодинамических диаграммах	1,5	
3	Практическая работа 2. Расчет цикла парокомпрессион-	1,5	

	ной холодильной машины		
9	Практическая работа 3. Определение основных физико-химических свойств продуктов животного и растительного происхождения.	1,5	
10	Практическая работа 4. Определение усушки продуктов при охлаждении.	1,5	
	Итого за 6 семестр	6	
	Итого	6	

Практическая работа 1. Построение процессов и циклов паровых компрессионных холодильных машин в термодинамических диаграммах

Цель работы: Определить параметры узловых точек цикла холодильной машины в тепловых диаграммах

Из всех способов охлаждения наибольшее применение получило охлаждение с помощью холодильных машин (машинное охлаждение), при котором используется принцип кипящих жидких газов. Работа холодильных машин полностью автоматизирована, что дает следующие преимущества: удобства в эксплуатации, безопасность работы обслуживающего персонала, возможность соблюдения требуемого температурного режима различных видов продуктов, а также режима экономии.

Холодильная машина - это кольцевая герметически замкнутая система, по которой циркулирует одно и то же количество рабочего вещества, называемого холодильным агентом. Хладагент в машине меняет свое физическое состояние.

В торговом машиностроении применяются холодильные машины двух видов: компрессионная и абсорбционная, в которых используются различные способы обеспечения циркуляции холодильного агента. В компрессионной холодильной машине для циркуляции хладагента затрачивается механическая энергия, а в абсорбционной - тепловая. Наибольшее распространение получила компрессионная холодильная машина (рис. 1).

КОМПРЕССИОННАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ МАШИНА

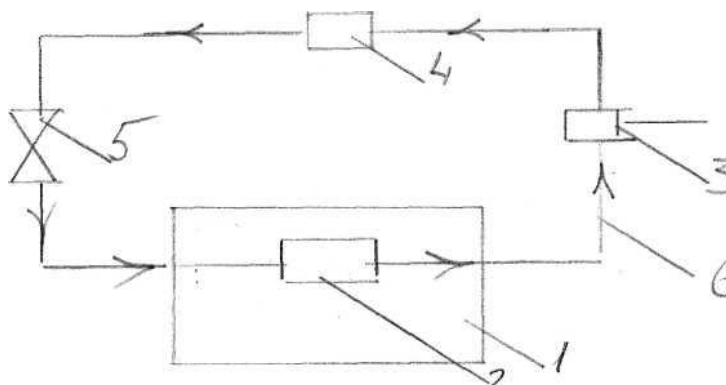


Рис. 1. - Схема одноступенчатой парокомпрессионной холодильной установки: 1-холодильная камера; 2-испаритель; 3-компрессор; 4- конденсатор; 5-терморегулирующий вентиль; 6-трубопроводы.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Испаритель - это аппарат, в котором жидкий холодильный агент кипит при низком давлении, отводя тепло от охлаждаемого объекта. Чем ниже давление, поддерживаемое в испарителе, тем ниже температура кипения.

Компрессор холодильной машины предназначен для осуществления следующих процессов: всасывания паров холодильного агента из испарителя, адиабатического сжатия и нагнетания в конденсатор.

Конденсатор - аппарат, предназначенный для осуществления теплообмена между хладагентом и охлаждающей средой. В процессе теплообмена от хладагента отводится энергия, которая передается охлаждающей среде, а сам хладагент охлаждается и конденсируется. Охлаждающая же среда нагревается.

Терморегулирующий вентиль (ТРВ) обеспечивает заполнение испарителя жидким холодильным агентом в оптимальных пределах. Переполнение испарителя может привести к его попаданию в компрессор и к его поломке, а его малое заполнение резко снижает эффективность работы испарителя.

ТРВ предназначен для дросселирования жидкого холодильного агента с целью снижения его давления и соответственно температуры. Этот процесс осуществляется без теплообмена с окружающей средой и без совершения хладагентом внешней работы. Процесс дросселирования следует считать адиабатным, однако в виду того, что этот процесс является необратимым (трение потока о стенки и превращение трения в тепло) энтропия потока при дросселировании возрастает.

Практическая часть:

Процессы, происходящие при работе холодильной машины, рассчитывают графически по термодинамическим диаграммам: энтальпия - логарифм давления ($I\text{-lg}P$) (рис. 2,а) и энтропия — температура ($S\text{-}T$) (рис. 2,б).

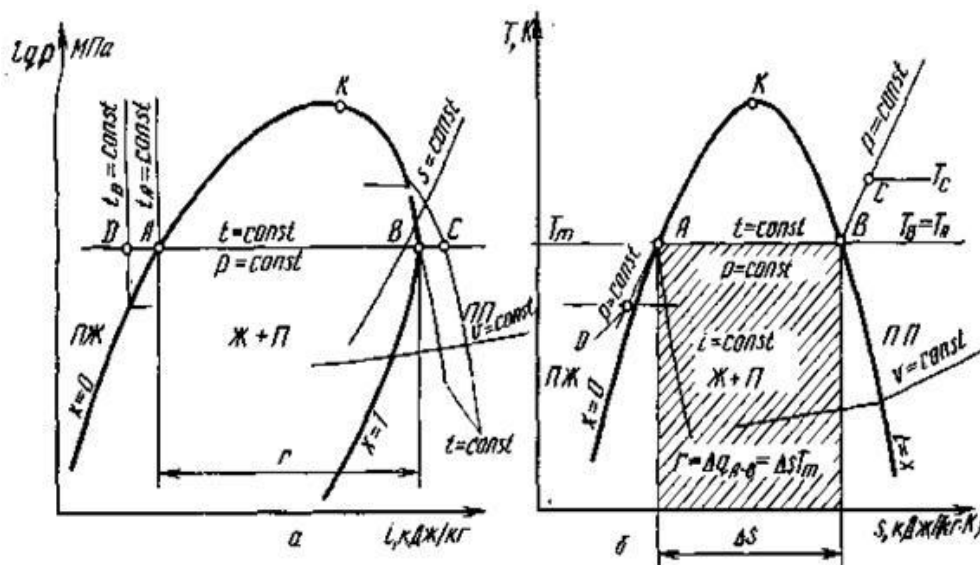


Рис. 2. Термодинамические диаграммы состояния

Сетка S-T-диаграммы (рис. 2,а) образована изотермами (горизонтальные линии) и адиабатами (вертикальные линии). На полученную сетку нанесены левая и правая пограничные кривые - линии постоянного паросодержания ($x=\text{const}$). Между ними расположена область влажного пара.

Левая пограничная кривая (линия насыщенной жидкости $x=0$) отделяет область влажного пара от области переохлажденной жидкости. Правая пограничная кривая (линия сухого насыщенного пара $x=1$) отделяет область влажного пара от области перегретого пара. На диаграмме показаны линии постоянной энтальпии - изоэнтальпы ($i=\text{const}$), постоянного объема - изохора ($v=\text{const}$) и постоянного давления - изобара ($p=\text{const}$). Изобары в области влажного пара расположены параллельно оси абсцисс и, таким образом, совпадают с изотермами, а в области перегретого пара круто поднимаются.

S-T-диаграмме подведенная и отведенная теплота, а также тепловой эквивалент затраченной работы изображаются площадями, расположенными под линиями процессов.

Энтальпия любого состояния холодильного агента пропорциональна в S-T-диаграмме площади между двумя вертикальными линиями, проходящими через точку, характеризующую данное состояние, и точку на линии насыщенной жидкости с температурой, равной 0°C (273°K), осью абсцисс и изобарой, проходящей через точку данного состояния. В большинстве диаграмм к этой величине нужно прибавить 100.

В I-lg P - диаграмме по оси абсцисс откладывают энтальпию, а по оси ординат - абсолютное давление в логарифмическом масштабе. Сетка диаграммы образована изобарами (горизонтальные линии) и изоэнтальпами (вертикальные линии). Между пограничными кривыми нанесены те же линии, что и на S-T-диаграмме, но расположение их несколько иное: в области влажного пара изотермы также совпадают с изобарами, в области

перегретого пара они представляют собой крутопадающие кривые, в области жидкости - круто поднимающиеся кривые.

Преимущество I-Ig P - диаграммы состоит в том, что подведенная, и отведенная теплота здесь изображаются отрезками на оси абсцисс, благодаря чему упрощаются вычисления. Но диаграмма имеет и недостатки - адиабаты в ней изображены наклонными кривыми, что несколько усложняет построение линий теоретического процесса работы сжатия компрессора.

1. Построение цикла по заданным рабочим параметрам

Выбор расчетного рабочего режима

Для построения и расчета теоретического цикла паровой компрессионной холодильной машины необходимо знать такие параметры:

Температуру кипения холодильного агента в испарителе t_0 ;

Температуру конденсации холодильного агента t_K ;

Температуру переохлаждения жидкого холодильного агента перед терморегулирующим вентилем t_n ;

Температуру пара, всасываемого в цилиндр компрессора t_{BC} .

В совокупности температуры t_0 , t_K , t_n , t_{BC} определяют температурный режим работы холодильной машины.

Для средних и крупных аммиачных холодильных установок температуру кипения принимают на 7 - 10°C ниже требуемой в соответствии с технологическим режимом температуры воздуха в холодильной камере:

$$t_0 = t_B - (7...10)^\circ\text{C}.$$

Для малых холодильных установок с непосредственным охлаждением, работающих на фреоне-12:

$$t_0 = t_B - (14...16)^\circ\text{C}.$$

Например, если в камере хранения рыбы на предприятии общественного питания $t_B = -3^\circ\text{C}$, то $t_0 = -18^\circ\text{C}$. значение температуры конденсации зависит от температуры и количества воды, подаваемой на конденсатор. Температуру конденсации t_K принимают на 3 - 5 °C выше температуры уходящей из конденсатора воды

$$t_K = t_{BД2} + (3...5)^\circ\text{C}.$$

Нагрев воды в конденсаторах составляет, °C:

для аммиачных:

горизонтальных кожухотрубных 4 - 5

вертикальных 6 - 6,5

оросительных 2 - 3

фреоновых кожухомеевиковых 4 - 6.

Температура воды, поступающей на конденсатор, определяется температурой наружного воздуха: вода речная ниже ее на 6 - 8°C, вода из системы городского водоснабжения - на 8-10°C.

Если конденсатор охлаждается оборотной водой от вентиляторной градирни, то температура поступающей воды на 5-6°C выше температуры наружного воздуха (по показаниям мокрого термометра).

В установках с конденсаторами воздушного охлаждения, работающими на фреоне-12, t_K на 10-12°C выше температуры окружающего конденсатор воздуха.

Температура переохлаждения t_n принимается на 3-5°C выше температуры поступающей воды,

$$t_n = t_{BD} + (3...5)^\circ C.$$

В холодильных машинах, работающих на фреоне-12, и переохлаждение жидкого холодильного агента, и перегрев пара перед всасыванием в компрессор протекают в теплообменнике. В этом случае задаются величиной перегрева паров фреона, а температуру переохлаждения находят из уравнения теплового баланса теплообменника. Для расчетов можно принять, что

$$t_n = t_K - (12...15)^\circ C;$$

$$t_{BC} = t_0 + (22...28)^\circ C.$$

Правильно выбранный температурный режим работы определяет экономичность работы холодильной установки.

Построение цикла в диаграммах

После выбора режима необходимо определить параметры холодильного агента не только в узловых, но и в промежуточных точках, что позволит контролировать правильность определения нужных для расчета параметров.

Порядок построения цикла одноступенчатого сжатия в S-T-диаграмме и I-Ig P - диаграмме показан на рисунке 3.

Вначале на диаграмму наносятся изотермы t_0 , t_K , t_n , t_{BC} , определяющие режим работы холодильной установки (рис. 3, а) и находят изобары P_0 и P_K , соответствующие температуре кипения t_0 и конденсации t_K в области перегретого пара и переохлажденной жидкости.

На пересечении линий t_{BC} и P_0 находится точка 1, характеризующая состояние всасываемого компрессором пара. Через точку 1 проводят линию постоянной энтропии $S=\text{const}$ (адиабату) до пересечения с изобарой P_K в точке 2 (рис. 3,б). Эта точка характеризует состояние пара в конце сжатия, а линия 1-2 - процесс теоретического (адиабатического) сжатия в компрессоре.

Изобара P_K от точки 2 до точки 2' характеризует процесс, происходящий в конденсаторе: 2-2' - охлаждения пара до состояния насыщения, 2'-3' - конденсацию.

При том же давлении P_K происходит процесс переохлаждения жидкого холодильного агента (линия 3'-3 на рис. 3, в). Точка 3 определяет состояние переохлажденной жидкости, подводимой к регулирующему вентилю, и находится на пересечении изобары P_K и изотермы t_n . В S-T-диаграмме точка 3 находится на пограничной кривой при t_n , так как изобара в области переохлажденной жидкости расположена очень близко к линии жидкости и на диаграммах не наносится.

Процесс дросселирования 3-4 (рис. 3, г) характеризуется снижением давления и температуры холодильного агента при неизменной энтальпии.

Состоянию влажного пара после регулирующего вентиля соответствует точка 4, которая находится на пересечении линии энтальпии, проходящей через точку 3, с линией давления P_0 (температуру t_0).

Процесс кипения 4-1 происходит при постоянном давлении P_0 и температуре t_0 в испарителе (рис. 3, д).

Линия 1-1' при давлении P_0 характеризует процесс перегрева пара до температуры $t_{вс}$ в испарителе, трубопроводе и теплообменнике.

Определение параметров

В работе нужно определить все параметры: температуру t , давление P , удельный объем v , энтальпию i , энтропию S , паросодержание x . Для точек эти параметры можно определять по таблицам насыщенных паров для состояния насыщения (табл. 1,2,3 приложения №1) и по термодинамическим диаграммам (приложение №2,3,4).

По таблицам определяются такие параметры таких точек:

1' - для сухого насыщенного пара при температуре кипения t_0 ;

2, 3' - соответственно для сухого насыщенного пара и жидкости по температуре конденсации t_k ;

3 - для жидкости по температуре переохлаждения (кроме давления, которое в процессе переохлаждения не изменяется и равно давлению конденсации P_k).

Параметры остальных точек цикла определяются по термодинамическим диаграммам (приложение №2,3,4).

1 - на пересечении линий $t_{вс}$ и P_0 ;

2 - линий $S_1 = \text{const}$ и P_k ;

3 - линий P_k и t_n ;

4 - линий $i_3 = \text{const}$ и t_0 .

Найденные параметры сводят в таблицу 1.

Таблица 1- Параметры узловых и промежуточных.

Точки	Параметры					
	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{Па}$	$v, \text{м}^3/\text{кг}$	$i, \text{кДж/кг}$	$S, \text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$	x
1						
1'						
2						
2'						
3'						
3						
4						

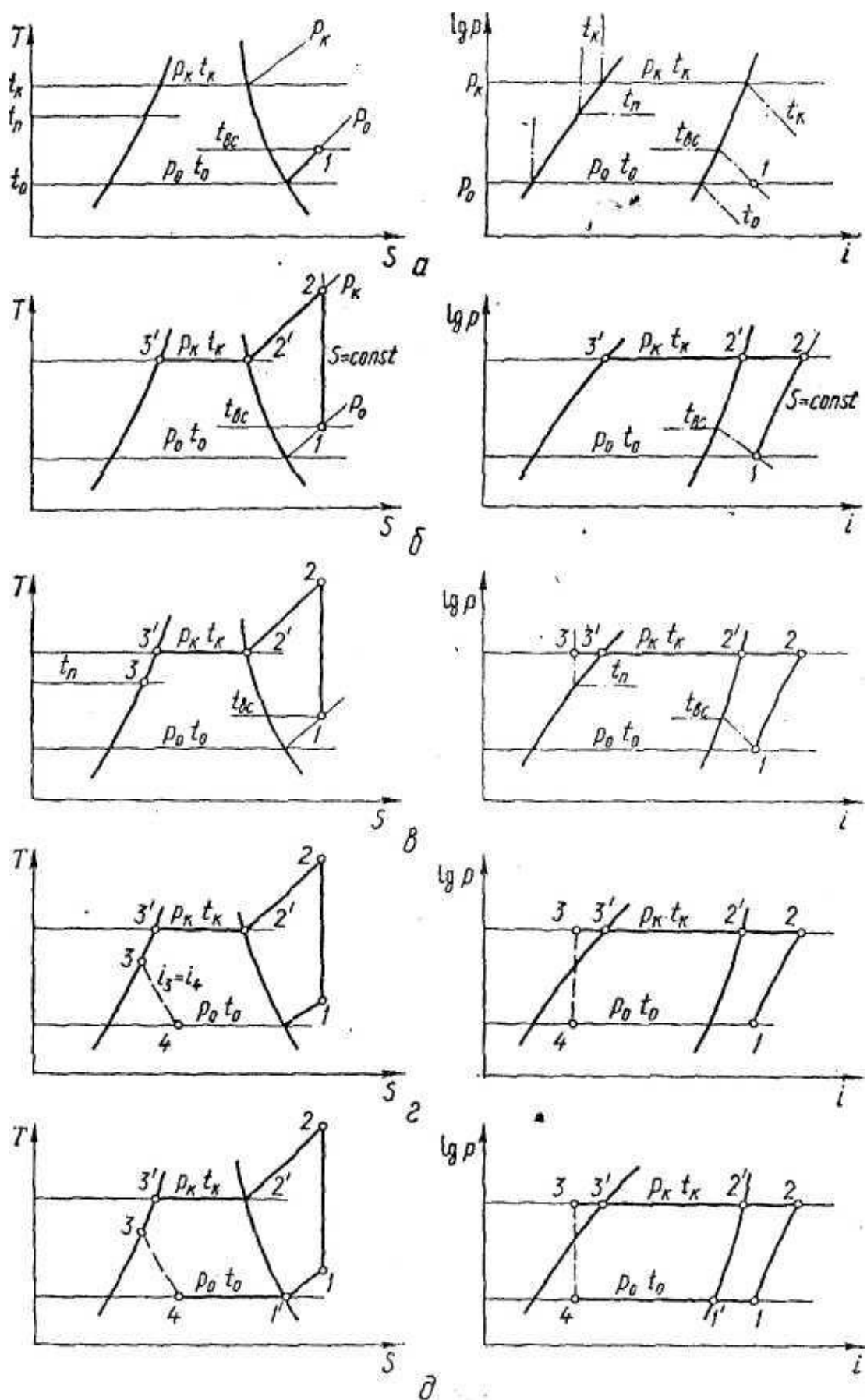


Рис. 3. Построение действительного цикла в $T-S$ и $i-\lg p$ -диаграммах

Контрольные вопросы

1. Как изображается в тепловых диаграммах теоретический цикл паровой компрессионной холодильной машины?
2. В чем отличие T-S диаграммы от i-lg P диаграммы?

Практическая работа 2. Расчет цикла парокомпрессионной холодильной машины

Цель работы: Провести тепловой расчет цикла холодильной машины

Исходные данные для теплового расчета холодильной машины:

Q_0 - нагрузка на компрессор, определенная с помощью теплового расчета, с надбавкой на потери в системе;
температурный режим работы;
холодильный агент (аммиак или фреон).

В процессе расчета следует определить объем описываемый поршнем, V_T , по которому выбирается компрессор, эффективную мощность на валу компрессора N_e и тепловую нагрузку на конденсатор Q_K .

Последовательность расчета

1. Удельная холодопроизводительность агента, (кДж/кг), или количество теплоты, которое можно отвести от охлаждаемого тела при испарении 1 кг жидкого холодильного агента в испарителе, q_0 (кДж/кг):

$$q_0 = i_1 - i_4,$$

где i_1 - энтальпия сухого насыщенного пара из испарителя, кДж/кг;

i_4 - энтальпия влажного пара на входе в испаритель, кДж/кг.

2. Холодопроизводительность компрессора, или количество теплоты, которое холодильная машина отнимает от охлаждаемой среды в единицу времени (Вт):

$$Q_0 = G \cdot q_0,$$

где G - масса циркулирующего холодильного агента, кг/с .

1. Удельная объемная холодопроизводительность машины, или количество теплоты, которое можно отвести от охлаждаемого тела 1 м³ холодильного агента при условиях всасывания компрессором:

$$q_v = q_0 / v_1,$$

где v_1 - удельный объем пара холодильного агента перед входом в компрессор, м³/кг.

4. Удельная работа сжатия, или количество энергии, которое затрачивается на сжатие 1 кг пара холодильного агента в компрессоре:

$$l = i_2 - i_1$$

$$V_d = G \cdot v_1,$$

5. Действительный объем пара поступивший в компрессор, м³/с:

где v_1 - удельный объем перегретого пара, засасываемого компрессором, м³/кг.

6. Коэффициент подачи компрессора определяют с помощью графика коэффициентов подачи λ и индикаторных к. п. д. η_i (в зависимости от давления конденсации P_k и давления кипения P_o).

По рисунку 4 определяем коэффициент подачи λ для расчетного компрессора, при полученной степени повышения давления $\Pi=2,55$ и заданного типа хладагента.

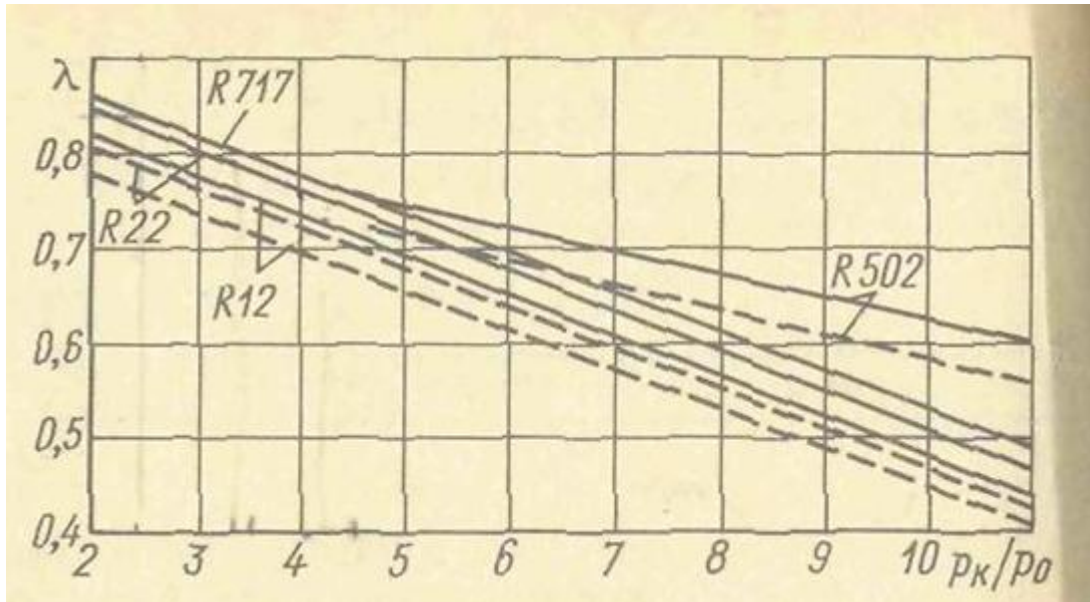


Рис. 4. Коэффициент подачи для поршневых компрессоров средней производительности.

Коэффициент подачи компрессора учитывает все объемные потери (потери вызванные наличием мертвого пространства, депрессией при всасывании и нагнетании, подогревом пара от стенок цилиндра при всасывании, а также утечками через неплотности в клапанах и поршневых кольцах) в действительном процессе компрессора, вызывающие уменьшение производительности.

Рассчитывают по формуле:

$$\lambda = \lambda_i \lambda_w \lambda_{пл},$$

где λ_i - индикаторный коэффициент:

$$\lambda_i = \frac{P_o - \Delta P_o}{P_o} - C \left[\frac{P_k + \Delta P_k}{P_o} - \frac{P_o - \Delta P_o}{P_o} \right],$$

где $\Delta P_o = 0,5 \text{ Н/м}^2$ - депрессия всасывания; $\Delta P_k = 1 \text{ Н/м}^2$ - депрессия нагнетания; C - величина мертвого пространства компрессора, $C = 0,05$;

λ_i - коэффициент подогрева:

$$\lambda_w = \frac{T_o}{T},$$

где T_o , T - абсолютные температуры соответственно кипения и конденсации, К;

$\lambda_{пл}$ - коэффициент плотности зависящий от конструкции и степени износа машины.

$$\lambda_{пл}=0,97 \dots 0,99$$

Этот коэффициент представляет собой отношение действительной объемной производительности V_d , принятой при параметрах пара во всасывающем патрубке, к объему, описываемому поршнем V_T , т.е. к теоретической объемной производительности компрессора:

$$\lambda = V_d / V_T$$

7. Объем, описываемый поршнями компрессора,

$$V_T = \frac{V_A}{\lambda},$$

По этому объему по таблицам подбирается компрессор.

8. Теоретическая (адиабатическая) мощность сжатия в компрессоре, кВт:

$$N_T = G (i_2 - i_1),$$

где i_2 - энтальпия перегретого пара в конце сжатия, кДж/кг;

i_1 - энтальпия засасываемого компрессором перегретого пара, кДж/кг.

9. Действительная (индикаторная) мощность сжатия кВт:

$$N_i = \frac{N_T}{\eta_i},$$

где η_i - индикаторный к. п. д.:

$$\eta_i = 0,79 \dots 0,9.$$

10. Эффективная мощность (на валу) компрессора, кВт

$$N_i = \frac{N_i}{\eta_{мех}},$$

где $\eta_{мех}$ - механический к. п. д., учитывающий потери на трение:

$$\eta_{мех} = 0,82 \dots 0,92.$$

По эффективной мощности с учетом потерь в приводе подбирают электродвигатель компрессора с запасом мощности 10 - 15%.

11. Электрическую мощность компрессора $N_{эл}$, кВт определяют:

$$N_{эл} = N_i / (\eta_{эл} \eta_{пер}),$$

где $\eta_{эл}$ - КПД электродвигателя, $\eta_{эл} = 0,8 \dots 0,9$;

$\eta_{пер}$ - КПД передачи от электродвигателя к компрессору, $\eta_{пер} = 0,95$.

12. Действительная тепловая нагрузка на конденсатор, кВт:

$$Q_k = Q_o + N_i.$$

13. Теоретическая тепловая нагрузка определяется по разности энтальпий:

$$Q_k = G (i_2 - i_3),$$

если в конденсаторе не происходит переохлаждения жидкости. Если же жидкость в конденсаторе переохлаждается, то

$$Q_k = G (i_2 - i_3).$$

14. Действительная тепловая нагрузка на конденсатор будет больше теоретической.

Подбирают компрессор по стандартной холодопроизводительности, которую получают после пересчета рабочей холодопроизводительности:

$$Q_{0CT} = Q_{PAB} \frac{\lambda_{CT} q_{VCT}}{\lambda_{PAB} q_{VPPA}},$$

где Q_{PAB} - холодопроизводительность в рабочих условиях, кВт;

λ_{CT} , λ_{PAB} - коэффициенты подачи при стандартных и рабочих условиях;

q_{VCT} и q_{VPPA} - объемные холодопроизводительности при соответствующих режимах, кДж/м³.

Стандартную объемную производительность q_{VCT} можно определить по табл. Приложения №5 по t_0 и t_n . Стандартный режим характеризуется такими температурами:

Для аммиачных машин:

$$\begin{aligned} t_0 &= -15^{\circ}\text{C}; \quad t_k = +30^{\circ}\text{C}; \\ t_n &= +25^{\circ}\text{C}; \quad t_{BC} = -10^{\circ}\text{C}; \end{aligned}$$

Для фреоновых машин:

$$\begin{aligned} t_0 &= -15^{\circ}\text{C}; \quad t_k = +30^{\circ}\text{C}; \\ t_n &= +25^{\circ}\text{C}; \quad t_{BC} = +15^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

15. Холодильный коэффициент характеризует количество переданных единиц теплоты на единицу затраченной работы, следовательно, чем больше ϵ , тем выше эффективность холодильной установки.

Холодильный коэффициент теоретического цикла холодильной машины определяют по формуле:

$$\Sigma = q_0/l$$

Контрольные вопросы

1. Что понимается под холодопроизводительностью холодильной машины, в каких единицах она измеряется?

2. Какая существует зависимость между рабочей и стандартной холодопроизводительностями?

Практическая работа 3. Определение основных физико-химических свойств продуктов животного и растительного происхождения

Цель работы: определить плотность продуктов животного и растительного происхождения их влагосодержание, являющихся одними из основных физико-химических характеристик продукта, необходимых для описания, анализа и оценки теплофизических процессов холодильной обработки пищевых продуктов.

Содержание работы:

Для описания, анализа и оценки теплофизических процессов холодильной обработки пищевых продуктов используются аналитические и эмпирические зависимости тепломассообмена продукта с охлаждающей средой. Расчеты тепломассообменных процессов можно выполнить, если известны физические, теплофизические, геометрические и гигрометрические характеристики продукта. К ним относятся начальная температура заморозания продукта, плотность, теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, теплосодержание, удельная площадь поверхности, активность воды в продукте.

Значения физических и теплофизических характеристик зависят от химического состава пищевых продуктов, структуры, свойств и фазового состояния отдельных компонентов. Пищевые продукты содержат много воды, и поэтому ее количество и состояние во многом определяют физические и теплофизические характеристики продуктов. При замораживании особенно значительны изменения свойств продуктов, так как свойства воды и льда существенно различны. Потери массы и изменение качества пищевых продуктов во многом определяются температурными и влажностными параметрами охлаждающей воздушной среды, а также активностью воды самого продукта. Активность воды представляет собой отношение давления водяного пара в пограничном слое над продуктом P к давлению водяного пара над чистой водой P_0 при одинаковых температурах:

$$a = \frac{P}{P_0}$$

Активность воды является функцией влагосодержания продукта, его химического состава и структуры. Продукты с высоким влагосодержанием имеют высокую активность воды. С понижением влагосодержания продукта активность воды уменьшается и тем самым создаются условия, при которых развитие свободных микроорганизмов затрудняется или становится невозможным. От активности воды в пищевых продуктах зависит не только жизнедеятельность присутствующей микрофлоры, но и интенсивность разнообразных изменений, в том числе ферментативных, происходящих в них.

Сложность формы пищевых продуктов удается учесть в тепломассообменных расчетах только путем приближенных уподоблений телам простой формы или путем введения в рассмотрение геометрических и физических

характеристик, прежде всего плотности, связывающих массу тела сложной формы с его основными размерами.

Плотность каждого продукта можно удовлетворительно точно подсчитать на основе закона смешения, если известны его состав и плотность составных частей, в частности воды и сухого остатка.

Оборудование, приборы, материалы: сушильный шкаф; электрическая плитка; весы лабораторные; эксикатор; микроизмельчитель тканей РТ-2; мясорубка; бюксы стеклянные или металлические или фарфоровые чашечки; мерные стаканы и мерные цилиндры различной вместимости; линейки, штангенциркуль.

Техника выполнения работы:

Работа может проводиться с одним из объектов исследования: кусочком мяса или рыбы, картофелем, яблоками, апельсинами, или другими продуктами растительного происхождения правильной геометрической формы.

Определение влагосодержания (влажности). Опыт проводят не менее чем в двух параллельных определениях. В предварительно высушенную до постоянной массы и взвешенную бюксу помещают 5 г. тщательно перемешанного измельченного образца и ставят в сушильный шкаф для высушивания. Образцы мяса или рыбы высушивают при температуре 150 °С в течение 1 часа; навеску растительных продуктов сначала прогревают на электрической плитке 20-25 минут для удаления избыточного количества влаги, а затем высушивают до постоянной массы при температуре 103±2°С. По окончании высушивания бюксы или фарфоровые чашечки вынимают из сушильного шкафа, помещают в эксикатор, охлаждают и взвешивают. Содержание влаги в продукте рассчитывают по формуле

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100, \%$$

где m - масса бюксы, г;

m₁ - масса бюксы с навеской до высушивания, г;

m₂ - масса бюксы с навеской после высушивания, г.

Расхождения между двумя параллельными определениями не должны превышать 0,2-0,3%.

Сравнить полученные значения содержания влаги в пищевых продуктах со справочными данными.

Результаты определения влаги в образцах продуктов занести в таблицу 1.

Таблица 1. - Определение содержания влаги в образцах пищевых продуктов.

Исследуемый образец	Масса бюксы, m	Масса бюксы с навеской, m ₁	Масса бюксы с навеской, m ₂	Содержание влаги, %
1				
2				
3				
4 и т.д.				

Определение плотности. Плотность продуктов определяют расчетным и экспериментальным путем. Для определения плотности расчетным

путем взвешивают исследуемый образец продукта, затем определяют его геометрические размеры (образцам мяса и рыбы следует придать правильную геометрическую форму, например параллелепипеда) и рассчитывают его объем. Плотность рассчитывают по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

где m - масса продукта, г;

V - объем продукта, м³.

При определении плотности экспериментальным путем объем продукта определяют путем измерения объема вытесненной жидкости при погружения продукта в мерный цилиндр, заполненный водой до определенного объема или мерный стакан.

Сравнивают полученные значения плотности между собой и с данными справочной литературы.

Определение плотности сухого остатка. Так как любой пищевой продукт содержит влагу и сухие вещества, то его плотность можно установить на основе закона смешения и выразить формулой:

$$\rho = \frac{1}{\frac{g_1}{\rho_1} + \frac{g_2}{\rho_2}}$$

где g₁ - весовая доля сухих веществ;

g₂ - весовая доля влаги;

ρ₁ - плотность сухого остатка, г/м³;

ρ₂ - плотность воды, г/м³.

Зная влагосодержание продукта (соответственно, весовую долю сухого остатка) и его плотность, пользуясь формулой 3 найти плотность сухого остатка. Результаты определения плотности оформить в виде таблицы 2.

Сопоставить полученные экспериментальные значения физико-химических характеристик продуктов животного и растительного происхождения, сделать выводы по работе.

Таблица 2. – Результаты определения плотности.

Образец продукта	Масса образца m, г	Расчетное значение объема, V _p , м ³	Плотность ρ, г/м ³	Объем жидкости V _ж , м ³	Плотность ρ, г/м ³	Плотность сухого остатка ρ ₁ , г/м ³
1						
2						
3						
4 и т.д.						

Результаты работы оформить в виде таблицы 3.

Таблица 3. – Результаты опыта.

Образец продукта	Содержание влаги, %	Справочные данные	Плотность г/м ³	Справочные данные	Плотность сухого остатка, г/м ³
1					
2					
3					
4 и т.д.					

Контрольные вопросы

1. Какие физико-химические и теплофизические характеристики пищевых продуктов необходимы для расчета тепломассообменных процессов в холодильной технологии? Дайте их характеристику.
2. Какие гигрометрические характеристики пищевых продуктов Вы знаете? Как влияет влагосодержание пищевых продуктов на активность воды?
3. Как изменяются теплофизические характеристики при холодильной обработке пищевых продуктов?
4. Как определять плотность продуктов? Каким образом изменяется плотность пищевых продуктов при холодильной обработке?
5. Как определить точку росы, зная температуру и относительную влажность воздуха по приборам (гигрометры, психрометры) и с использованием I - d диаграммы?
6. Что такое насыпная плотность? Как влияет «скважность» на скорость его охлаждения?
7. Как определить теплоемкость и теплопроводность продукта расчетным и экспериментальным путем?
8. Как влияет коэффициент теплопроводности на скорость охлаждения?
9. Что такое «приведенная» теплопроводность? Как она определяется?
10. Как определить температуропроводность продукта? Где используется этот показатель?

Практическая работа 4. Определение усушки продуктов при охлаждении.

Цель работы: рассчитать аналитическим путем величину усушки при охлаждении, сравнить результаты расчета с результатами опыта.

Содержание работы:

При охлаждении пищевых продуктов в воздухе происходят испарение влаги с поверхности продукта и уменьшение массы продукта - усушка.

Если количество влаги, испарившейся за время охлаждения с площади S, обозначит G_w , а удельную теплоту испарения L_u то теплоту, отведенную при испарении, можно определить зависимостью:

$$Q_u = G_w \cdot L_u.$$

Тогда количество испарившейся влаги, или абсолютная усушка охлаждаемого продукта

$$G_w = \frac{Q_u}{L_u}.$$

На интенсивность испарения влаги из продуктов влияют такие факторы: количество теплоты, проникающей в камеру хранения (теплопритоки); количество продуктов в камере и степень ее загруженности; соотношение восприятия теплоты охлаждающими приборами путем конвекции и радиации; соотношение упругости пара воздуха в камере и у поверхности охлаждаемых продуктов: количество дополнительной влаги, поступающей в камеру (помимо влаги, отдаваемой продуктами при усушке); эффективная площадь испарения продукта, зависящая от его конфигурации и плотности укладки.

Методика проведения работы:

В холодильную камеру, работающую в стационарном режиме, помещают предварительно взвешенный с точностью, до 0,1 г продукт для охлаждения. Для исследования удобно, чтобы охлаждаемый продукт имел простую геометрическую форму, его физические характеристики были достаточно хорошо известны, постоянны и однородны во всех частях. Замеряют температуру охлаждающего воздуха в холодильной камере. Для измерения температуры одну температуру вводят в центр продукта, а другую углубляют на 1-2 мм в его поверхность. В течение всего опыта температура, влажность и скорость движения воздуха должны быть постоянными. Параметры воздуха замеряют каждые 10 минут, запись температуры в центре и на поверхности охлаждаемого продукта - каждые 5 минут.

Охлаждение ведут до тех пор, пока температуры в центре продукта не станут равной температуре воздуха в камере. После этого вынимают продукт из камеры холодильника и быстро взвешивают. Замеряют также геометрические размеры продукта. Все замеры заносят в протокол испытаний.

Обработка результатов:

1. По результатам замеров пищевого продукта вычислить площадь его поверхности (в м²).

2. По данным о начальной и конечной массе охлаждаемого продукта вычислить абсолютную потерю массы и потерю массы (в %).

3. Если параметры воздуха (t, p, v) в холодильной камере не изменялись в ходе опыта более чем на 5%, их можно считать постоянными.

4. Рассчитать усушку при охлаждении по формуле:

$$g = \frac{U_n}{m} \cdot (1 - e^{-mt})$$

где g - количество испаренной влаги, кг,

U_n - начальная скорость усушки, кг/ч;

m - темп охлаждения, 1/ч;

e - основание натуральных логарифмов, e = 2,71828;

t - длительность опыта, ч.

5. На основании опытных данных построить полулогарифмическую кривую охлаждения.

Для этого по оси абсцисс откладывают время τ_1, τ_2, τ_3 ($\tau_1 < \tau_2 < \tau_3$), а. по оси ординат – $\ln O_1, \ln O_2, \ln O_3$ (O - избыточная разность между температурой окружающей среды и температурой центра продукта, соответственно, в моменты τ_1, τ_2, τ_3).

Начальные участки полулогарифмических графиков имеют форму кривой, что объясняется неустановившемся режимом на первой стадии охлаждения, когда большую роль имеет начальное распределение температуры. Позже наступает регулярный режим, и кривая принимает форму прямой линии. С момента наступления регулярного режима логарифм избыточной температуры в в любой точке изменяется во времени по экспоненциальному закону:

$$\ln O = -m \tau + e$$

Здесь m - положительное число, сохраняющее одно и то же значение для любой точки тела в течение всего процесса. Значение m определяют по тангенсу угла наклона прямой к оси времени.

6. Определить темп охлаждения m . Для этого достаточно взять на прямой полулогарифмического графика две точки P_1 и P_2 для некоторых двух моментов τ_1 и τ_2 ($\tau_1 < \tau_2$), которым соответствуют значения O_1 и O_2 температуры.

Тогда, используя систему уравнений:

$$\ln O_1 = -m \tau_1 + e$$

$$\ln O_2 = -m \tau_2 + e$$

и вычитая одно уравнение из другого, получим:

$$m = (\ln O_1 - \ln O_2) / (\tau_1 - \tau_2)$$

7. Коэффициент теплопередачи находят из критериальной зависимости:

$$a_c = f(Nu);$$

$$a_c = \frac{Nu \cdot \lambda}{D},$$

где $Nu = 0,197 Re$ - критерий Нуссельта;

Re – критерий Рейнольдса,

$$Re = \frac{(V \cdot D)}{V_r},$$

здесь V – скорость движения воздуха, м/с, для холодильной камеры

$$V = 0,1 \div 0,2 \text{ м/с},$$

V_r – коэффициент кинематической вязкости воздуха при средней температуре во время опыта, м²/с, (при 0°С $V_r = 16 \cdot 10^{-6}$ м²/с);

λ – теплопроводность воздуха при данной температуре, Вт/м²·К, (λ при температуре охлаждения равна 2,36 Вт/м²·К);

D - диаметр охлаждавшегося продукта, м.

8. Рассчитать начальную скорость усушки по формуле:

$$u_m = \frac{m \cdot C \cdot G_n \cdot t_{vn} - \alpha_e t_{sn} S}{r},$$

где C – теплоемкость тела, кДж/кг·°С;

G_n - начальная масса цилиндра, кг;

t_{vn} - начальная температура тела по объему, °С;

α_e – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·К;

S – площадь поверхности продукта, м²;

t_{sn} - начальная температура поверхности (в начальный момент охлаждения её можно принять равной температуре охлаждающего воздуха), °С;

r – теплота испарения, Дж/кг ($r=2260$ кДж/кг).

9. Сравнить расчетное значение усушки и результаты опыта оформить в таблице 1. Сделать выводы.

Таблица 1. – Результаты опыта.

Время начала опыта	Время замера	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Температура в центре продукта, °С	Температура поверхности продукта, °С	τ	O	lgO	lnO

Контрольные вопросы

1. Какими способами осуществляется тепло- и влагообмен между продуктом и охлаждающей средой?

2. Какие физические величины влияют на величину усушки?

3. Какие существуют способы уменьшения усушки?

4. Какие изменения претерпевают продукты животного происхождения при охлаждении?

5. Какие физико-химические изменения происходят при хранении плодов и овощей в охлажденном состоянии?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Устройство, эксплуатация и обслуживание холодильного оборудования: [16+] / Д.И. Грицай, И.В. Капустин, В.И. Марченко, Е.В. Кулаев; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет (СтГАУ), 2019. – 52 с.
2. Семикопенко, И. А. Холодильная техника : учебное пособие / И. А. Семикопенко, Д. В. Карпачев. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014. — 269 с.
- Большаков, С. А.
3. Холодильная техника и технология продуктов питания: учебник / С.А. Большаков. - М.: Академия, 2003. - 304 с.: ил. - (Высшее образование). - На учебнике гриф: Рек.УМО. - Прил.: с. 277-299.

Дополнительная литература:

1. Основы термодинамических расчетов парокомпрессионных холодильных машин : учебное пособие : [16+] / С.В. Визгалов, А.М. Ибраев, А.А. Сагдеев, М.С. Хамидуллин ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2019. – 148 с.
2. Воробьева, Н.Н. Холодильная техника и технология. Часть 1 : учебное пособие / Н.Н. Воробьева. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – 164 с.
3. Воробьева, Н.Н. Холодильная техника и технология : учебное пособие / Н.Н. Воробьева. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – Ч. 2. – 104 с.
4. В.Е. Куцакова и др. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: В 3 частях. Ч. III. Биохимические и физико-химические основы. – СПб.: ГИОРД, 2011. – 272 с.
5. В.И. Филиппов, М.И. Кременевская, В.Е. Куцакова. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: В 3 частях. Ч. II. Технологические основы. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 576 с.
6. А.Н. Бараненко и др. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: В 3 частях. Ч. I. Теплофизические основы. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 224 с.
7. Холодильная технология пищевой промышленности : учебное пособие : [16+] / А.М. Ибраев, Ю.А. Фирсова, М.С. Хамидуллин, И.Г. Хисамеев ; Казанский государственный технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2010. – 125 с.
8. Воробьева, Н.Н. Теплофизические процессы в холодильной технологии : учебное пособие / Н.Н. Воробьева ; ред. Н.В. Шишкина. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2007. –

150 с.

9. Н.Г. Щеглов. Холодильная технология пищевых продуктов: Учеб. пособие. – Пятигорск: Изд-во ПГТУ, 2003.– 208 с

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. <http://www.fao.org/> - сайт ФАО
2. <http://www.rsl.ru/> - Российская государственная библиотека
3. <http://www.cnshb.ru/> - Центральная научная сельскохозяйственная библиотека Российской академии сельскохозяйственных наук
4. <http://www.suharevka.ru/> – сайт технологического оборудования
5. <http://www.complexdor.ru/> – сайт базы нормативной и технической документации
6. <http://www.twirpx.com/> – сайт поиск литературы
7. <http://www.pitportal.ru/> – сайт информационного портала
8. <http://www.libgost.ru/> – сайт библиотеки Гостов и нормативных документов

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1 – Таблица насыщенных паров аммиака (NH₃)

Температура t в °C	Давление абсолютное p		Удельный объем		Плотность		Энтальпия				Теплота парообразования r	
	в МПа/мм.рт.ст.		жидкости v' в м³/кг пара v'' в м³/кг		жидкости ρ' в кг/м³ пара ρ'' в кг/м³		жидкости i'		пара i''		в кДж/кг	в ккал/кг
							в кДж/кг	в ккал/кг	в кДж/кг	в ккал/кг		
-60	0,02190	0,2233	1,4010	4,699	713,8	0,2128	150,7	36,0	1591,0	380,0	1440,3	344,0
-54	0,03209	0,3272	1,4150	3,288	706,7	0,3041	176,7	42,2	1601,5	382,5	1424,8	340,3
-50	0,04087	0,4168	1,4245	2,623	702,0	0,3812	193,9	46,3	1608,1	384,1	1414,3	337,8
-48	0,04595	0,4686	1,4293	2,351	699,6	0,425	202,6	48,4	1611,5	384,9	1409,3	336,6
-46	0,05154	0,5256	1,4342	2,112	697,2	0,473	211,0	50,4	1614,9	385,7	1403,8	335,3
-44	0,05709	0,5822	1,4392	1,901	694,8	0,526	219,8	52,5	1618,2	386,5	1398,4	334,0
-42	0,06441	0,6568	1,4442	1,715	692,4	0,583	228,6	54,6	1621,6	387,3	1392,9	332,7
-40	0,07177	0,7318	1,4493	1,550	690,0	0,645	237,8	56,8	1624,9	388,1	1387,1	331,3
-39	0,07569	0,7719	1,4519	1,4752	688,8	0,678	242,1	57,82	1626,4	388,49	1384,4	330,67
-38	0,07798	0,8137	1,4545	1,4045	687,5	0,712	240,9	58,88	1628,2	388,88	1381,6	329,99
-37	0,08407	0,8573	1,4571	1,3377	686,3	0,748	251,0	59,94	1629,7	389,27	1378,4	329,31
-36	0,08853	0,9028	1,4597	1,2746	685,1	0,785	255,4	61,01	1631,4	389,65	1375,9	328,63
-35	0,09319	0,9503	1,4623	1,2151	683,9	0,823	254,0	62,08	1633,0	390,03	1373,1	327,95
-34	0,09806	0,9999	1,4649	1,1589	682,6	0,863	264,4	63,15	1634,6	390,41	1370,2	327,26
-33	0,10312	1,0515	1,4676	1,1058	681,4	0,905	268,8	64,21	1636,2	390,79	1367,3	326,57
-32	0,10838	1,1052	1,4703	1,0555	680,1	0,948	273,3	65,28	1638,1	391,17	1364,4	325,88
-31	0,11386	1,1610	1,4730	1,0080	678,9	0,992	277,8	66,35	1639,2	391,54	1361,5	325,19
-30	0,11954	1,2190	1,4757	0,9630	677,7	1,038	282,2	67,42	1640,8	391,91	1358,6	324,49
-29	0,12543	1,279	1,4784	0,9204	676,4	1,086	286,8	68,49	1642,4	392,28	1355,6	323,79
-28	0,13160	1,342	1,4811	0,8801	675,2	1,136	291,2	69,56	1644,0	392,64	1352,7	323,08
-27	0,13798	1,407	1,4839	0,8418	673,9	1,188	295,7	70,63	1645,4	393,00	1349,7	322,37
-26	0,14465	1,475	1,4867	0,8056	672,6	1,242	300,2	71,71	1646,9	393,36	1346,7	321,66
-25	0,15163	1,546	1,4895	0,7712	671,4	1,297	304,7	72,78	1648,4	393,72	1343,7	320,94
-24	0,15877	1,619	1,4923	0,7386	670,1	1,354	309,2	73,86	1649,9	394,07	1340,8	320,22
-23	0,16622	1,695	1,4951	0,7076	668,8	1,413	313,7	74,93	1651,3	394,42	1337,6	319,49
-22	0,17397	1,774	1,4980	0,6782	667,6	1,474	318,2	76,01	1652,9	394,77	1334,6	318,76
-21	0,18201	1,856	1,5008	0,6502	666,3	1,538	322,8	77,09	1654,3	395,12	1331,5	318,03
-20	0,19025	1,940	1,5037	0,6235	665,0	1,604	327,3	78,17	1655,7	395,46	1328,4	317,29
-19	0,19878	2,027	1,5066	0,5983	663,7	1,672	331,8	79,25	1657,2	395,80	1325,3	316,55
-18	0,20763	2,117	1,5096	0,5742	662,4	1,742	336,3	80,33	1658,5	396,13	1322,2	315,80
-17	0,21683	2,211	1,5125	0,5513	661,1	1,814	340,8	81,41	1659,9	396,46	1319,1	315,05
-16	0,22543	2,309	1,5155	0,5295	659,8	1,889	345,4	82,50	1661,1	396,79	1315,8	314,29
-15	0,23434	2,410	1,5185	0,5087	658,5	1,966	350,0	83,59	1662,7	397,12	1312,7	313,53
-14	0,24364	2,514	1,5215	0,4889	657,2	2,046	353,7	84,68	1664,0	397,44	1309,5	312,76
-13	0,25304	2,621	1,5245	0,4700	655,9	2,128	359,1	85,76	1665,3	397,75	1306,2	311,99
-12	0,26292	2,732	1,5276	0,4520	654,6	2,213	363,6	86,85	1666,6	398,06	1303,0	311,21
-11	0,27290	2,847	1,5307	0,4348	653,3	2,300	368,2	87,94	1667,9	398,37	1299,7	310,43
-10	0,29087	2,966	1,5338	0,4184	652,0	2,390	372,7	89,03	1669,2	398,67	1296,4	309,64
-9	0,30293	3,089	1,5369	0,4028	650,7	2,483	377,3	90,12	1670,4	398,97	1293,1	308,85
-8	0,31541	3,216	1,5400	0,3878	649,3	2,579	381,9	91,21	1671,7	399,27	1289,8	308,06
-7	0,32823	3,347	1,5432	0,3735	648,0	2,678	386,4	92,30	1672,9	399,56	1286,4	307,25
-6	0,34138	3,481	1,5464	0,3599	646,7	2,779	391,0	93,40	1674,1	399,85	1283,0	306,45
-5	0,35490	3,619	1,5496	0,3469	645,3	2,883	395,6	94,50	1675,3	400,14	1279,6	305,64
-4	0,36883	3,761	1,5528	0,3344	644,0	2,991	400,2	95,59	1676,5	400,42	1276,3	304,83
-3	0,38324	3,908	1,5561	0,3225	642,6	3,102	404,8	96,69	1677,7	400,70	1272,8	304,01
-2	0,39815	4,060	1,5594	0,3111	641,3	3,216	409,4	97,79	1678,8	400,98	1269,4	303,19
-1	0,41354	4,217	1,5627	0,3002	639,9	3,332	414,0	98,89	1680,0	401,25	1265,9	302,36
0	0,42943	4,379	1,5660	0,2897	638,6	3,452	418,7	100,00	1681,1	401,52	1262,4	301,52
+2	0,46248	4,716	1,5727	0,2700	635,8	3,703	427,9	102,21	1683,3	402,04	1255,4	299,84
+4	0,49748	5,073	1,5796	0,2520	633,1	3,969	437,1	104,43	1685,4	402,55	1248,3	298,13
+6	0,53446	5,450	1,5866	0,2353	630,3	4,250	446,5	106,65	1687,4	403,04	1240,9	296,39
+8	0,57359	5,849	1,5936	0,2200	627,5	4,546	455,8	108,87	1689,3	403,50	1233,6	294,63
+10	0,61398	6,271	1,6008	0,2058	624,7	4,859	465,2	111,11	1691,3	403,95	1226,2	292,84
+12	0,65867	6,715	1,6081	0,1927	621,8	5,189	474,6	113,35	1693,0	404,38	1218,5	291,03
+14	0,70442	7,183	1,6156	0,1706	619,0	5,537	484,0	115,59	1694,8	404,79	1210,8	289,20
+16	0,75285	7,677	1,6231	0,1694	616,1	5,904	493,4	117,85	1696,4	405,19	1203,0	287,34
+18	0,80375	8,196	1,6308	0,1591	613,2	6,289	502,9	120,11	1698,0	405,57	1195,2	285,46
+20	0,85716	8,741	1,6386	0,1494	610,3	6,694	512,4	122,38	1699,6	405,93	1187,2	283,55
+21	0,88496	9,024	1,6426	0,1449	608,0	6,904	517,2	123,52	1700,2	406,10	1183,1	282,58
+22	0,91340	9,314	1,6466	0,1405	607,3	7,119	521,9	124,66	1701,0	406,27	1179,1	281,61
+23	0,94252	9,611	1,6507	0,1363	605,8	7,339	526,7	125,80	1701,6	406,43	1174,9	280,63
+24	0,97230	9,915	1,6546	0,1322	604,3	7,564	531,5	126,94	1702,2	406,59	1170,8	279,65
+25	1,0027	10,225	1,6588	0,1283	602,8	7,795	536,3	128,09	1703,0	406,75	1166,7	278,66
+26	1,0340	10,544	1,6630	0,1245	601,3	8,031	541,1	129,24	1703,6	406,89	1162,5	277,66
+27	1,0650	10,870	1,6672	0,1209	599,8	8,273	545,9	130,39	1704,1	407,03	1158,3	276,65
+28	1,0985	11,201	1,6714	0,1174	598,3	8,521	550,7	131,54	1704,8	407,17	1154,0	275,64
+29	1,1324	11,546	1,6757	0,1140	596,8	8,775	555,5	132,69	1705,3	407,30	1149,8	274,62
+30	1,1665	11,895	1,6800	0,1107	595,2	9,034	560,4	133,84	1705,8	407,43	1145,5	273,59
+32	1,2370	12,617	1,6888	0,1045	592,1	9,573	570,1	136,16	1706,8	407,67	1136,7	271,50
+34	1,3115	13,374	1,6977	0,0986	589,0	10,138	579,8	138,48	1707,7	407,88	1127,9	269,39
+36	1,3891	14,165	1,7069	0,0932	585,9	10,731	589,6	140,82	1708,5	408,06	1118,9	267,24
+38	1,4700	14,990	1,7162	0,0881	582,7	11,353	599,4	143,16	1709,2	408,23	1109,8	265,06
+40	1,5545	15,850	1,7257	0,0833	579,5	12,005	609,3	145,52	1709,8	508,37	1100,5	262,85

Таблица 2 – Таблица насыщенных паров фреона – 12 (ВНИИХ)

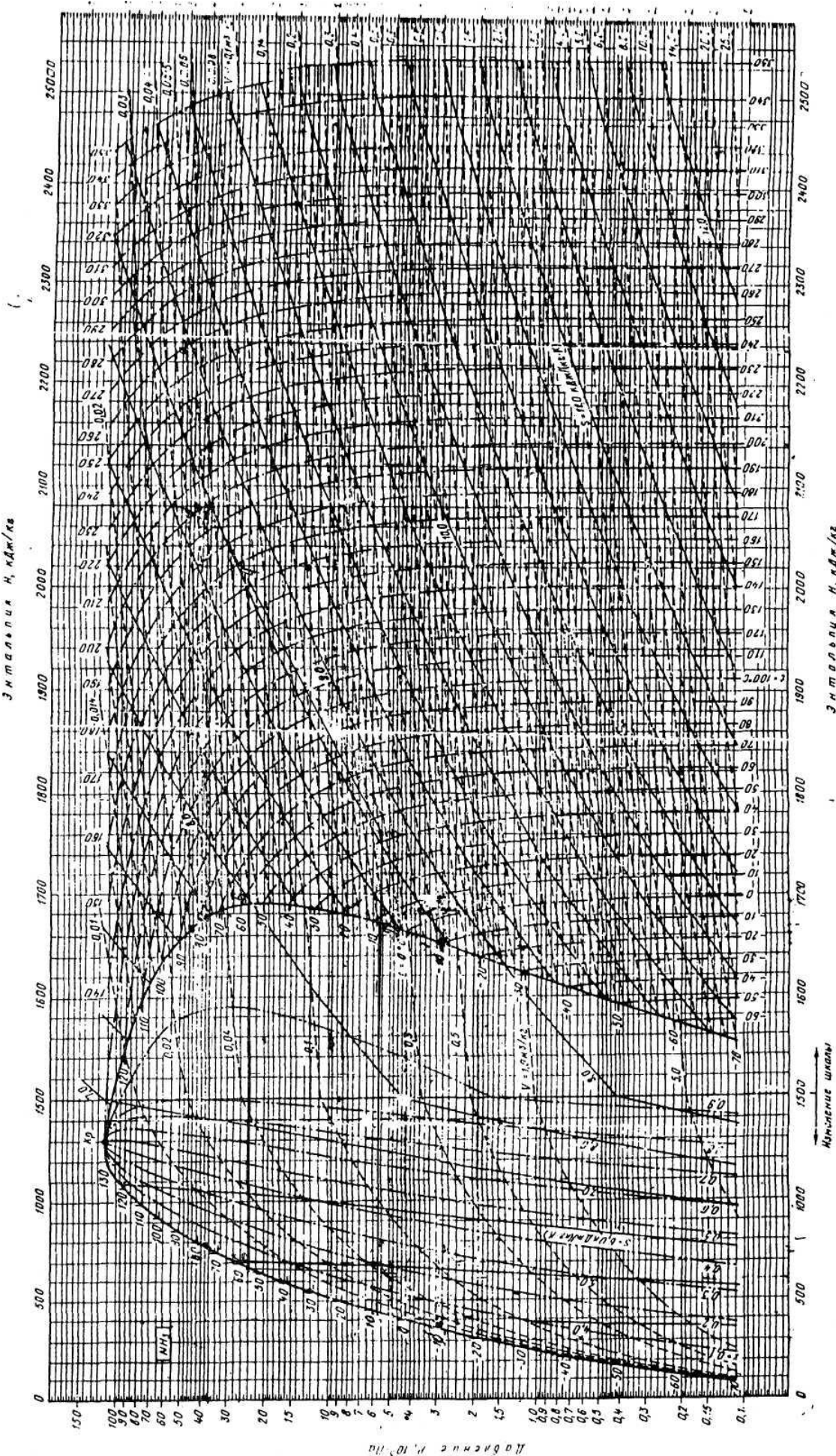
t, °C	Давление абсолютное p, МПа	Удельный объем		Энтальпия		Энтропия	
		жидкости v', л/кг	пара v'', м³/кг	жидкости h', кДж/кг	пара h'', кДж/кг	жидкости s', кДж/(кг·К)	пара s'', кДж/(кг·К)
—50	0,03919	0,6468	0,3834	354,55	528,90	3,8172	4,5985
—48	0,04345	0,6492	0,3484	356,29	529,84	3,8249	4,5958
—46	0,04806	0,6515	0,3172	358,05	530,78	3,8427	4,5931
—44	0,05306	0,6539	0,2893	359,81	531,72	3,8404	4,5906
—42	0,05847	0,6564	0,2644	361,57	532,66	3,8481	4,5882
—40	0,06430	0,6588	0,2421	363,34	533,60	3,8557	4,5859
—38	0,07057	0,6613	0,2220	365,12	534,54	3,8632	4,5837
—36	0,07732	0,6639	0,2039	366,90	535,48	3,8708	4,5816
—34	0,08457	0,6664	0,1876	368,69	536,42	3,8782	4,5796
—32	0,09234	0,6690	0,1729	370,49	537,36	3,8857	4,5777
—30	0,1006	0,6717	0,1595	372,29	538,30	3,8932	4,5759
—28	0,1095	0,6744	0,1474	374,10	539,23	3,9005	4,5741
—26	0,1190	0,6771	0,1365	375,91	540,17	3,9078	4,5725
—24	0,1291	0,6798	0,1266	377,73	541,10	3,9152	4,5709
—22	0,1399	0,6826	0,1174	379,56	542,03	3,9224	4,5693
—20	0,1513	0,6854	0,1091	381,38	542,96	3,9296	4,5679
—18	0,1634	0,6883	0,1015	383,22	543,88	3,9368	4,5665
—16	0,1763	0,6913	0,09451	385,06	544,80	3,9440	4,5652
—14	0,1899	0,6942	0,08813	386,91	545,72	3,9511	4,5639
—12	0,2044	0,6972	0,08228	388,76	546,64	3,9582	4,5628
—10	0,2196	0,7003	0,07689	390,63	547,55	3,9653	4,5616
—8	0,2357	0,7034	0,07194	392,48	548,46	3,9723	4,5603
—6	0,2526	0,7066	0,06738	394,36	549,37	3,9793	4,5595
—4	0,2705	0,7098	0,06316	396,23	550,27	3,9862	4,5585
—2	0,2893	0,7131	0,05926	398,12	551,17	3,9931	4,5576
0	0,3091	0,7164	0,05566	400,00	552,06	4,0000	4,5567
2	0,3298	0,7198	0,05232	401,90	552,95	4,0069	4,5558
4	0,3516	0,7232	0,04923	403,80	553,84	4,0137	4,5550
6	0,3745	0,7268	0,04635	405,70	554,71	4,0205	4,5543
8	0,3984	0,7303	0,04368	407,62	555,59	4,0272	4,5536
10	0,4235	0,7340	0,04119	409,54	556,45	4,0340	4,5528
12	0,4497	0,7377	0,03888	411,46	557,32	4,0407	4,5522
14	0,4772	0,7415	0,03672	413,38	558,17	4,0473	4,5516
16	0,5058	0,7453	0,03470	415,32	559,02	4,0540	4,5510
18	0,5357	0,7493	0,03282	417,27	559,86	4,0606	4,5504
20	0,5669	0,7533	0,03105	419,22	560,69	4,0672	4,5498
22	0,5994	0,7574	0,02940	421,18	561,51	4,0738	4,5493
24	0,6333	0,7616	0,02786	423,14	562,33	4,0803	4,5487
26	0,6686	0,7659	0,02641	425,11	563,13	4,0868	4,5482
28	0,7053	0,7703	0,02504	427,10	563,93	4,0934	4,5478
30	0,7435	0,7748	0,02376	429,08	564,72	4,0998	4,5473
32	0,7832	0,7794	0,02256	431,08	565,49	4,1063	4,5468
34	0,8244	0,7840	0,02143	433,09	566,26	4,1128	4,5463
36	0,8672	0,7889	0,02036	435,10	567,01	4,1192	4,5459
38	0,9116	0,7938	0,01935	437,12	567,75	4,1256	4,5454
40	0,9577	0,7989	0,01840	439,16	568,48	4,1320	4,5450
42	1,005	0,8041	0,01750	441,20	569,19	4,1384	4,5445
44	1,055	0,8094	0,01666	443,25	569,89	4,1448	4,5440
46	1,106	0,8149	0,01585	445,32	570,57	4,1511	4,5436
48	1,159	0,8206	0,01509	447,40	571,24	4,1575	4,5431
50	1,214	0,8264	0,01437	449,49	571,89	4,1638	4,5426
52	1,271	0,8324	0,01369	451,60	572,52	4,1702	4,5421
54	1,330	0,8386	0,01304	453,72	573,13	4,1765	4,5415
56	1,391	0,8450	0,01242	455,86	573,72	4,1829	4,5410
58	1,454	0,8516	0,01184	458,01	574,29	4,1892	4,5404

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 1

Таблица 3 – Таблица насыщенных паров фреона – 22 (ВНИИХ)

°C	Давление абсолютное p , МПа	Удельный объем		Энтальпия		Энтропия	
		жидкости v' , л/кг	пара v'' , м³/кг	жидкости i' , кДж/кг	пара i'' , кДж/кг	жидкости s' , кДж/(кг·К)	пара s'' , кДж/(кг·К)
—80	0,01034	0,6606	1,782	311,80	568,32	3,6212	4,9493
—78	0,01193	0,6627	1,560	313,82	569,29	3,6316	4,9407
—76	0,01371	0,6649	1,370	315,85	570,26	3,6419	4,9324
—74	0,01570	0,6671	1,207	317,90	571,24	3,6523	4,9244
—72	0,01793	0,6693	1,066	319,95	572,21	3,6625	4,9166
—70	0,02042	0,6715	0,9447	322,01	573,18	3,6727	4,9091
—68	0,02318	0,6738	0,8394	324,08	574,14	3,6828	4,9018
—66	0,02624	0,6761	0,7478	326,15	575,11	3,6929	4,8947
—64	0,02962	0,6784	0,6679	328,24	576,07	3,7029	4,8879
—62	0,03335	0,6808	0,5981	330,34	577,04	3,7129	4,8812
—60	0,03745	0,6832	0,5368	332,44	578,00	3,7228	4,8748
—58	0,04195	0,6856	0,4829	334,56	578,95	3,7327	4,8686
—56	0,04688	0,6881	0,4355	336,68	579,90	3,7424	4,8625
—54	0,05227	0,6906	0,3935	338,82	580,85	3,7522	4,8566
—52	0,05814	0,6932	0,3563	340,96	581,80	3,7620	4,8510
—50	0,06453	0,6958	0,3233	343,13	582,74	3,7717	4,8454
—48	0,07146	0,6984	0,2940	345,28	583,68	3,7813	4,8401
—46	0,07898	0,7011	0,2678	347,48	584,60	3,7910	4,8349
—44	0,08711	0,7038	0,2444	349,66	585,54	3,8005	4,8298
—42	0,09589	0,7066	0,2234	351,85	586,46	3,8100	4,8249
—40	0,1054	0,7094	0,2046	354,00	587,38	3,8191	4,8202
—38	0,1155	0,7123	0,1877	356,27	588,29	3,8289	4,8156
—36	0,1265	0,7152	0,1724	358,49	589,19	3,8382	4,8111
—34	0,1382	0,7182	0,1587	360,73	590,09	3,8476	4,8067
—32	0,1508	0,7212	0,1462	362,97	590,99	3,8569	4,8024
—30	0,1642	0,7242	0,1350	365,23	591,88	3,8662	4,7983
—28	0,1786	0,7273	0,1248	367,48	592,76	3,8754	4,7943
—26	0,1938	0,7305	0,1155	369,74	593,63	3,8845	4,7904
—24	0,2101	0,7337	0,1070	372,02	594,49	3,8937	4,7866
—22	0,2275	0,7370	0,09932	374,30	595,35	3,9027	4,7829
—20	0,2459	0,7404	0,09228	376,60	596,20	3,9118	4,7792
—18	0,2654	0,7438	0,08584	378,91	597,04	3,9208	4,7757
—16	0,2861	0,7473	0,07994	381,22	597,87	3,9298	4,7723
—14	0,3080	0,7508	0,07453	383,54	598,70	3,9387	4,7689
—12	0,3311	0,7544	0,06956	385,87	599,51	3,9476	4,7657
—10	0,3555	0,7581	0,06500	388,19	600,32	3,9564	4,7625
—8	0,3813	0,7618	0,06079	390,54	601,11	3,9652	4,7593
—6	0,4085	0,7657	0,05691	392,90	601,89	3,9740	4,7563
—4	0,4370	0,7696	0,05332	395,26	602,67	3,9827	4,7533
—2	0,4671	0,7736	0,05001	397,63	603,43	3,9914	4,7504
0	0,4987	0,7776	0,04694	400,00	604,18	4,0000	4,7475
2	0,5319	0,7818	0,04410	402,38	604,92	4,0086	4,7447
4	0,5667	0,7861	0,04147	404,77	605,64	4,0172	4,7419
6	0,6032	0,7904	0,03902	407,17	606,35	4,0257	4,7392
8	0,6414	0,7949	0,03674	409,58	607,05	4,0342	4,7366
10	0,6814	0,7994	0,03462	412,00	607,74	4,0426	4,7339
12	0,7232	0,8041	0,03264	414,43	608,40	4,0510	4,7313
14	0,7668	0,8088	0,03080	416,86	609,06	4,0594	4,7288
16	0,8124	0,8137	0,02908	419,31	609,69	4,0678	4,7262
18	0,8600	0,8188	0,02747	421,76	610,31	4,0761	4,7237
20	0,9097	0,8239	0,02596	424,23	610,92	4,0844	4,7212
22	0,9614	0,8292	0,02455	426,70	611,50	4,0927	4,7188
24	1,015	0,8346	0,02323	429,18	612,06	4,1009	4,7164
26	1,071	0,8402	0,02199	431,69	612,60	4,1092	4,7139
28	1,130	0,8459	0,02083	434,18	613,13	4,1173	4,7115
30	1,190	0,8518	0,01973	436,72	613,62	4,1255	4,7091
32	1,253	0,8579	0,01870	439,25	614,10	4,1337	4,7067
34	1,319	0,8641	0,01773	441,80	614,55	4,1418	4,7042
36	1,387	0,8706	0,01681	444,36	614,97	4,1499	4,7018
38	1,457	0,8772	0,01595	446,95	615,37	4,1581	4,6994
40	1,530	0,8841	0,01513	449,55	615,73	4,1662	4,6969
42	1,606	0,8912	0,01436	452,17	616,07	4,1743	4,6944
44	1,685	0,8986	0,01363	454,81	616,36	4,1825	4,6918
46	1,766	0,9062	0,01294	457,47	616,63	4,1906	4,6893
48	1,851	0,9142	0,01228	460,16	616,86	4,1987	4,6867
50	1,938	0,9224	0,01166	462,87	617,04	4,2069	4,6840

Энтальпия h , кДж/кг



Энтальпия h , кДж/кг

Влажность d , г/кг

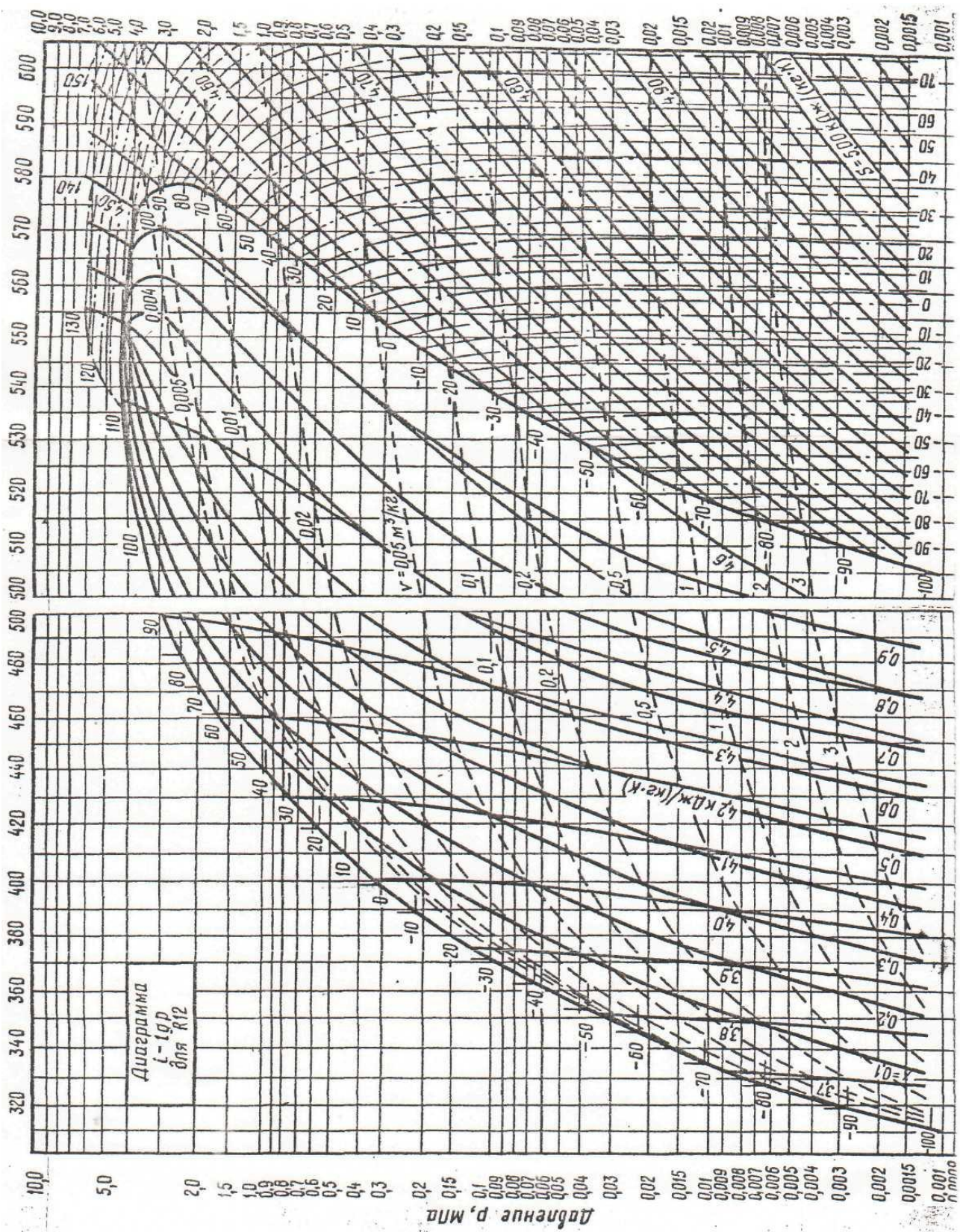


Таблица 1 – Объемная холодопроизводительность 1 м^3 паров фреона q_0 , кДж/м^3

Температура кипения t_0 , °C	Температура перед регулирующим вентилем t_n , °C							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Фреон-12								
-80	870,2	841,4	811,7	781,5	751,4	720,8	689,4	658,1
-75	966,5	933,4	902,9	869,8	836,3	802,4	768,1	733,9
-70	1073,2	1038,1	1002,1	965,7	928,8	892,1	854,3	816,2
-65	1186,8	1150,3	1109,7	1069,9	1029,3	988,7	947,2	906,2
-60	1312,7	1270,1	1226,9	1183,1	1139,1	1094,2	1049,1	1003,3
-55	1449,1	1402,7	1354,5	1306,8	1258,3	1209,3	1159,9	1110,5
-50	1593,6	1542,9	1491,8	1439,5	1386,4	1333,2	1279,2	1223,9
-45	1752,2	1697	1638,4	1582,3	1524,9	1466,7	1409	1349,5
-40	1922,6	1862,3	1800,8	1738,4	1676,1	1613,2	1548,4	1483,5
-35	2103,8	2039	1971,6	1905,4	1835,9	1767,3	1697,4	1627,9
-30	—	2226,1	2155,7	2082,5	2008,8	1934,3	1858,5	1781,1
-25	—	2433,7	2353,7	2274,2	2199,6	2119,9	2038,8	1956,4
-20	—	2648	2565,1	2479,7	2393,1	2306	2216,1	2126,9
-15	—	2882,4	2792	2699,5	2606,2	2512	2416,5	2319,4
-10	—	3136,9	3036,9	2936,8	2836,4	2734,7	2631,3	2526,7
-5	—	—	3294,3	3188,8	3078,3	2969,1	2858,2	2751
0	—	—	—	3461,3	3334,5	3217,3	3097,8	2980
Фреон-22								
-30	1435,7	1385,5	1339,5	1293,4	1243,2	1193	1142,7	1088,3
-25	1740,7	1695,3	1636,7	1578,1	1519,5	1456,7	1398,1	1335,3
-20	2134,8	2067,8	1995,7	1929,7	1858,5	1783,2	1707,8	1632,5
-15	2574,3	2494,8	2415,3	2327,4	2243,6	2155,7	2067,8	1979,9
-10	3101,8	3005,5	2909,2	2808,8	2708,3	2599,5	2494,8	2390,2
-5	3696,2	3583,2	3470,1	3352,9	3235,7	3106	2984,6	2859,0
0	4391,1	4261,3	4127,3	3989,2	3846,9	3700,4	3553,9	3407,4
5	—	5027,3	4872,5	4709,2	4545,9	4374,3	4202,7	4031,1
10	—	—	5730,6	5542,2	5349,7	5148,7	4952	4751,1
15	—	—	—	6492,4	6274,8	6036,2	5810,1	5575,7

Таблица 2 – Объемная холодопроизводительность 1 м^3 аммиака q_0 , кДж/м^3 (ккал/м^3)

Температура кипения t_0 , °C	q_0 при температуре перед регулирующим вентилем t_n , °C															
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5
-60	277,8	(66,5)	273,8	(65,4)	268,8	(64,2)	264,2	(63,1)	259,2	(61,9)	254,5	(60,8)	249,5	(59,6)	244,5	(58,5)
-55	377,6	(90,2)	368,7	(88,6)	364,7	(87,1)	358,0	(85,5)	351,7	(84,0)	345,0	(82,4)	338,3	(80,8)	331,6	(79,2)
-50	505,3	(120,7)	497,0	(118,7)	488,2	(116,6)	479,8	(114,6)	471,0	(112,5)	462,2	(110,4)	453,4	(108,3)	444,6	(106,2)
-45	665,3	(158,9)	654,8	(156,4)	643,9	(153,8)	632,6	(151,1)	621,3	(148,4)	610,0	(145,7)	598,3	(142,9)	586,6	(140,1)
-40	866,2	(206,9)	851,6	(203,4)	837,4	(200,0)	822,7	(196,5)	807,6	(192,9)	793,0	(189,4)	778,3	(185,9)	763,2	(182,4)
-37,5	982,2	(234,6)	965,4	(230,7)	949,6	(226,8)	932,8	(222,8)	916,1	(218,8)	899,3	(214,8)	882,6	(210,8)	865,8	(206,8)
-35	1111,0	(265,5)	1093,0	(261,1)	1075,0	(256,7)	1056,0	(252,2)	1037,0	(247,7)	1018,0	(243,2)	999,3	(238,7)	980,1	(234,1)
-32,5	1251,0	(299,4)	1233,0	(294,4)	1212,0	(289,4)	1191,0	(284,4)	1170,0	(279,4)	1148,0	(274,3)	1127,0	(269,2)	1106,0	(264,1)
-30	1411,0	(337,0)	1387,0	(331,4)	1364,0	(325,8)	1344,0	(320,2)	1317,0	(314,5)	1293,0	(308,8)	1269,0	(303,1)	1245,0	(297,4)
-27,5	—	—	1557,0	(371,8)	1530,0	(365,5)	1504,0	(359,2)	1478,0	(352,9)	1451,0	(346,5)	1424,0	(340,1)	1397,0	(333,7)
-25	—	—	1743,0	(416,2)	1713,0	(409,2)	1683,0	(402,1)	1654,0	(395,1)	1624,0	(388,0)	1595,0	(380,9)	1566,0	(373,8)
-20	—	—	—	—	1912,0	(456,7)	1879,0	(448,9)	1846,0	(441,0)	1813,0	(433,1)	1780,0	(425,2)	1747,0	(417,3)
-17,5	—	—	—	—	2130,0	(508,8)	2094,0	(500,1)	2057,0	(491,4)	2021,0	(482,6)	1984,0	(473,8)	1946,0	(464,9)
-15	—	—	—	—	—	—	2327,0	(555,7)	2286,0	(546,0)	2246,0	(536,3)	2204,0	(526,5)	2163,0	(516,7)
-12,5	—	—	—	—	—	—	2580,0	(616,3)	2536,0	(605,6)	2491,0	(594,9)	2446,0	(584,1)	2400,0	(573,4)
-10	—	—	—	—	—	—	—	—	2805,0	(670,0)	2755,0	(658,1)	2705,0	(646,2)	2656,0	(634,3)
-7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	3069,0	(740,1)	3044,0	(727,0)	3019,0	(713,8)	2993,0	(700,6)
-5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3254,0	(801,0)	3239,0	(786,6)	3222,0	(771,2)
-2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3689,0	(881,1)	3672,0	(865,2)	3654,0	(849,3)
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4358,0	(1040,8)	4278,0	(1025,8)
Температура кипения t_0 , °C	q_0 при температуре перед регулирующим вентилем t_n , °C															
	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40
-60	(58,4)	239,5	(57,2)	234,5	(56,0)	229,4	(54,8)	224,4	(53,6)	219,4	(52,4)	213,9	(51,1)	208,9	(49,9)	(48,7)
-55	(79,2)	324,9	(77,6)	318,2	(76,0)	311,5	(74,4)	304,8	(72,8)	297,7	(71,1)	291,0	(69,5)	283,9	(67,8)	(66,6)
-50	(106,2)	435,8	(104,1)	426,6	(101,9)	417,0	(99,8)	408,6	(97,6)	399,4	(95,4)	390,2	(93,2)	381,0	(91,0)	(89,8)
-45	(140,1)	574,8	(137,3)	562,7	(134,4)	550,6	(131,5)	538,4	(128,6)	526,3	(125,7)	514,1	(122,8)	502,0	(119,9)	(118,7)
-40	(182,3)	748,2	(178,7)	733,1	(175,1)	717,6	(171,4)	702,1	(167,7)	686,6	(164,0)	671,1	(160,3)	655,2	(156,5)	(154,7)
-37,5	(206,8)	849,1	(202,8)	832,3	(198,8)	814,8	(194,6)	797,2	(190,4)	779,6	(186,2)	762,0	(182,0)	744,0	(177,7)	(175,9)
-35	(234,1)	960,9	(229,5)	941,6	(224,9)	922,3	(220,3)	902,7	(215,6)	882,6	(210,8)	862,9	(206,1)	842,4	(201,2)	(199,4)
-32,5	(261,1)	1084,0	(255,0)	1063,0	(250,8)	1040,0	(246,6)	1019,0	(243,4)	996,9	(238,1)	974,3	(232,7)	951,2	(227,2)	(225,4)
-30	(297,4)	1221,0	(291,6)	1197,0	(285,8)	1172,0	(279,9)	1147,0	(274,0)	1122,0	(268,0)	1097,0	(262,0)	1071,0	(255,9)	(254,1)
-27,5	(333,7)	1370,0	(327,3)	1343,0	(320,8)	1315,0	(314,2)	1288,0	(307,6)	1259,0	(300,9)	1232,0	(294,2)	1203,0	(287,4)	(285,6)
-25	(373,7)	1492,0	(366,4)	1504,0	(359,2)	1473,0	(351,8)	1442,0	(344,4)	1411,0	(337,0)	1379,0	(329,4)	1347,0	(321,8)	(319,9)
-22,5	(417,2)	1713,0	(409,2)	1680,0	(401,2)	1645,0	(393,0)	1611,0	(384,7)	1576,0	(376,4)	1541,0	(368,1)	1506,0	(359,7)	(357,8)
-20	(464,9)	1909,0	(456,0)	1872,0	(447,0)	1833,0	(437,9)	1795,0	(428,8)	1756,0	(419,5)	1717,0	(410,2)	1678,0	(400,8)	(398,9)
-17,5	(516,7)	2122,0	(506,9)	2080,0	(496,9)	2039,0	(486,9)	1998,0	(476,8)	1953,0	(466,5)	1910,0	(456,2)	1866,0	(445,8)	(443,9)
-15	(573,2)	2353,0	(562,1)	2308,0	(551,2)	2261,0	(540,1)	2214,0	(528,9)	2167,0	(517,6)	2119,0	(506,1)	2071,0	(494,6)	(492,7)
-12,5	(634,3)	2605,0	(622,3)	2554,0	(610,1)	2503,0	(597,8)	2451,0	(585,5)	2405,0	(573,0)	2345,0	(560,0)	2293,0	(547,7)	(545,8)
-10	(700,6)	2878,0	(687,3)	2821,0	(673,5)	2765,0	(660,3)	2708,0	(646,7)	2650,0	(633,0)	2592,0	(619,0)	2533,0	(605,0)	(603,1)
-7,5	(772,0)	3171,0	(757,4)	3109,0	(742,6)	3047,0	(727,8)	2984,0	(712,8)	2922,0	(697,8)	2857,0	(682,5)	2793,0	(667,0)	(665,1)
-5	(849,2)	3488,0	(833,2)	3421,0	(817,9)	3352,0	(800,7)	3283,0	(784,2)	3214,0	(767,7)	3144,0	(751,0)	3073,0	(734,0)	(732,1)
-2,5	(930,3)	3823,0	(913,2)	3752,0	(896,2)	3679,0	(878,8)	3605,0	(861,0)	3530,0	(843,0)	3453,0	(824,7)	3375,0	(806,1)	(804,2)
0	(1021,7)	4197,0	(1002,5)	4117,0	(983,1)	4034,0	(963,5)	3952,0	(943,8)	3869,0	(924,0)	3784,0	(903,9)	3700,0	(883,7)	(881,8)