

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Новиков Денис Владимирович
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 11.11.2024 11:16:01
Уникальный программный ключ:
3357c68ce48ec4f695c95289ac7a9678e502be60

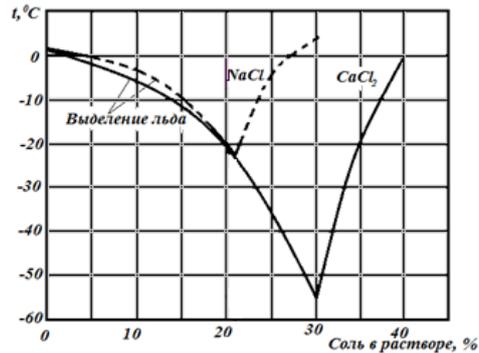
Судовые холодильные установки и системы кондиционирования воздуха

Тест 1

1. Рабочее вещество, с помощью которого в холодильной машине совершается обратный круговой процесс, или цикл называется

2. Хладоносители свое агрегатного состояния
- А). не изменяют,
 - Б). изменяют.

3. Температура замерзания
рассола NaCl равна



4. Рассол, при pH 7-10

- А). имеет низкую вязкость,
- Б). имеет наивысшую теплопроводность,
- В). наименее агрессивен,
- Г). имеет наивысшую теплоемкость.

5. Цикл, в котором работа сжатия превышает работу расширения называется

6. Энергетическую эффективность холодильных машин оценивают

7. Схема ПКХМ имеет вид

8. Цикл ПКХМ в t-s координатах имеет вид

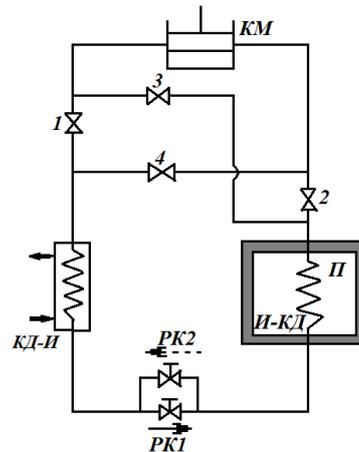
9. Удельная холодопроизводительность (кДж/кг) в испарителе определяется по формуле.....

10. Схема ПКХМ с регенеративным теплообменником имеет вид

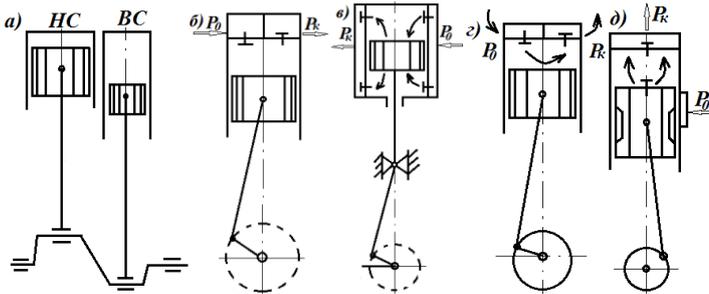
Судовые холодильные установки и системы кондиционирования воздуха

Тест 2

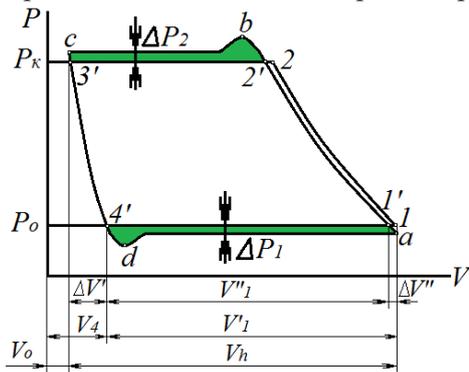
1. Порядок работы машины-теплого насоса в режиме отопления
 КМ-.....



2. Машину, предназначенную для сжатия пара хладагента, а также для его всасывания из испарителя и нагнетания в конденсатор называют.....
3. Компрессор двойного действия показан на рис.....



4. Процесс нагнетания на диаграмме происходит по линии



5. При всасывании влажного пара хладагента потери от теплообмена.....
 А). увеличиваются,
 Б). остаются прежними,
 В). уменьшаются.
6. Количество теплоты, отведенной от охлаждаемой среды хладагентом в единицу времени, называется.....

7. С понижением температуры t_0 холодопроизводительность Q_0
8. Маслоотделитель устанавливают
- А). На нагнетательной линии компрессора,
 - Б). На приемной линии компрессора,
 - В). После конденсатора.
9. Отделение масла в маслоотделителе происходит благодаря
- А). Уменьшению скорости паров холодильного агента,
 - Б). Уменьшению скорости паров холодильного агента и изменению направления их движения,
 - В). Уменьшению скорости паров холодильного агента, изменению направления их движения и снижению давления,
 - Г). Уменьшению скорости паров холодильного агента, изменению направления их движения, снижению давления и снижению температуры.
10. На трубопроводе хладоносителя устанавливают термоматрон
- А). Камерный
 - Б). Рассольный
 - В). Испарительный

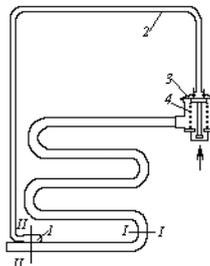
Судовые холодильные установки и системы кондиционирования воздуха

Тест 3

1. Для регулирования заполнения испарителя жидким холодильным агентом применяют.....

2. На рисунке показана схема установки терморегулирующих вентилей с.....

- А). внутренним уравниванием
- Б). с внешним уравниванием

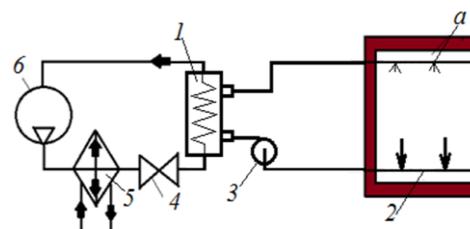


3. С уменьшением перегрева пара на выходе из испарителя подачу хладагента в испаритель через ТРВ будет

- А). Увеличиваться
- Б). Останется неизменной
- В). Уменьшаться

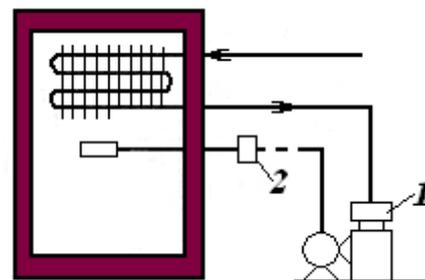
4. На рис. показана принципиальная схема системы

- А). Непосредственного охлаждения
- Б). С промежуточным хладоносителем
- В). Воздушного охлаждения



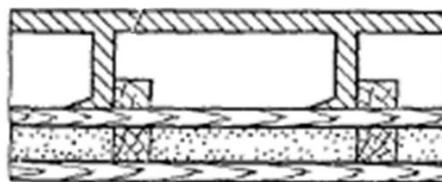
5. На рисунке показана схема регулирования температуры воздуха

- А). С реле температуры
- Б). Воздушная
- В). С использованием камерного термореле
- Г). С использованием реле испарителя
- Д). С использованием реле низкого давления



6. Судовые изоляционные конструкции

- А). Не содержащие металлических включений
- Б). С воздушной прослойкой
- В). Нормальная
- Г). С высадками или обходом набора

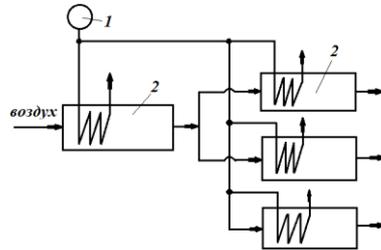


7. Кондиционирование воздуха состоящее в поддержании заданных технологических параметров воздуха в грузовых помещениях судна, необходимых для ведения технологических процессов, работы оборудования, приборов называется

8. Отношение массы пара в 1 м^3 влажного воздуха к массе пара в 1 м^3 насыщенного воздуха при одинаковых давлениях и температурах называется

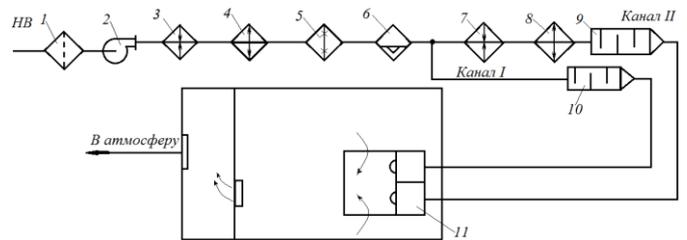
9. На рисунке представлена принципиальная схема системы

- А). центральной системы
- Б). местной системы
- В). центрально-местной
- Г). автономной



10. На принципиальной схеме двухканальной системы кондиционирования воздуха обозначены

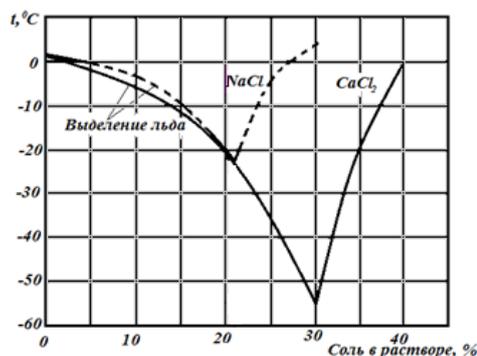
- 1-
- 2-
- 3-
- 4 и 8 -
- 5-
- 6-
- 7-
- 9 и 10-
- 11-



Судовые холодильные установки и системы кондиционирования воздуха

Тест 4

1. Вещества, отбирающие теплоту от охлаждаемой среды и передающие ее кипящему холодильному агенту называются
2. Хладогенты свое агрегатного состояния
А) не изменяют,
Б) изменяют.
3. Концентрация NaCl равна



4. Рассол, при pH 7-10
А). имеет низкую вязкость,
Б). имеет наивысшую теплопроводность,
В). наименее агрессивен,
Г). имеет наивысшую теплоемкость.
5. Цикл, в котором теплота переносится от среды с низкой температурой к среде с более высокой температурой, называется
6. Холодильный коэффициент определяется по формуле.....
7. Схема ПКХМ имеет вид
8. Цикл ПКХМ в t-s координатах имеет вид
9. Удельное количество теплоты (kJ/kg), отводимой от хладагента в конденсаторе определяется по формуле.....

10. Схема ПКХМ с регенеративным теплообменником имеет вид

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок

Проектирование холодильной установки рефрижераторного судна

Методические рекомендации
к выполнению курсовой работы для студентов специальности
26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок
смешенного река-море плавания»

Составители – Ю.В. Варечкин, М.Ю. Храмов

Нижний Новгород
Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
2021

УДК 629.12-135
В18

Проектирование холодильной установки рефрижераторного судна: метод. рекомендации к выполнению курсовой работы для студентов специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок смешенного река-море плавания» / сост. – Ю.В. Варечкин, М.Ю Храмов. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2021. –с.

Рассмотрены основы выбора, расчета, проектирования судовой холодильной установки рефрижераторного судна, необходимые при освоении дисциплины «Судовые холодильные установки и системы кондиционирования воздуха».

Для студентов очного и заочного обучения.

Работа рекомендована к изданию кафедрой эксплуатации судовых энергетических установок (протокол № от г.).

© ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2021

Введение

Учебным планом и программой по курсу “Судовые холодильные установки и системы кондиционирования воздуха” предусмотрена курсовая работа по проектированию холодильной установки рефрижераторного судна, которую необходимо выполнить перед сдачей экзамена.

Цель работы – систематизировать и углубить знания студентов по основам теории и расчета СХУ.

Проектирование СХУ можно разбить на несколько этапов, и в работе соответственно должны быть представлены следующие разделы:

- а) расчет тепловой изоляции подволока трюма;
- б) расчет холодопроизводительности СХУ;
- в) обоснование системы охлаждения и способа холодоснабжения трюмов, разработка принципиальной схемы СХУ и расчет теоретического цикла холодильных машин;
- г) расчет и подбор основного оборудования СХУ;
- д) расчет энергоемкости и подбор электродвигателей СХУ.

Студенты очного обучения должны периодически предъявлять материалы проекта руководителю для проверки, согласования и оценки объема выполнения. Проект допускается к защите после утверждения руководителем.

При подготовке к защите необходимо выяснить возникшие при проектировании вопросы, изучить особенности и основные характеристики оборудования, его устройство, действие и эксплуатацию, методику проектирования и расчетов. На защите должно быть сделано краткое (5–7 мин) сообщение, после чего проектанту задаются вопросы, оценивается содержание и оформление проекта, доклад и ответы на вопросы.

1. Выбор исходных данных для выполнения курсовой работы.

Исходные данные для выполнения курсовой работы выбираются из приведенных ниже таблиц в зависимости от шифра студента.

Студенты выбирают вариант задания на расчетную работу по последней цифре своего шифра и в соответствии с номером группы, которая устанавливается в зависимости от начальной буквы фамилии студента:

- Р, Т, У, Ц, - I группа;
- Л, М, Н, - II группа;
- Е, Ж, З, И, - III группа;
- А, Г, Д, Щ, - IV группа;
- Б, Ч, Ш -V группа;
- В, П, Х -VI группа;
- К, О, Ю, Я -VII группа;
- С, Ф, Э -VIII группа.

Таблица 1. Выбор варианта

Группа	Последняя цифра шифра									
	<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>0</i>
<i>I</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>II</i>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>III</i>	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<i>IV</i>	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
<i>V</i>	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
<i>VI</i>	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
<i>VII</i>	61	62	63	6	65	66	67	68	69	70
<i>VIII</i>	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

Тип судна, район плавания, груз, теплоизоляционный материал и хладагент выбираются из таблицы 2. Размеры расчетного узла изоляции подволока выбираются из таблицы 3. Расположение помещений на судне в зависимости от типа судна приведены на рис. 5. Размеры трюмов приведены в таблице 4.

Исходные данные:

Тип судна -

Район плавания -

Груз -

Теплоизоляционный материал -

Размер расчетного узла изоляции подволока, мм

Шпация S –

Высота набора h_n –

Ширина полки набора b_n –

Толщина изоляции под набором l –

Толщина зашивки δ_3 –

Хладагент –

Размеры трюмов, м:

	Трюм 1	Трюм 2	Трюм 3
Длина L			
Ширина B			
Высота h			

Плана судна (расположение помещений на судне):

2. Расчет осадки судна

Необходимая для дальнейших расчетов осадка судна вычисляется по формуле

$$T = \frac{2 \cdot V \cdot \rho}{F_n \cdot \rho_e}$$

где V – объем всех грузовых трюмов, m^3 ;

ρ – погрузочная плотность груза, t/m^3 ;

F_n – площадь палубы всех грузовых трюмов, m^2 ;

ρ_e – плотность воды, t/m^3 .

$$\rho = \frac{1}{v}$$

где v – удельный погрузочный объем, m^3/t .

(Удельные погрузочные объемы различных грузов приведены в таблице 5).

Высота борта судна $H(m)$ определяется по формуле

логичность, малые масса и стоимость конструкции сочетаются с высокими теплоизоляционными качествами.

В качестве материала зашивки, тепловое сопротивление которого следует учитывать при расчете коэффициента теплопередачи K_n , в конструкции изоляции используются шпунтованные доски толщиной δ_3 .

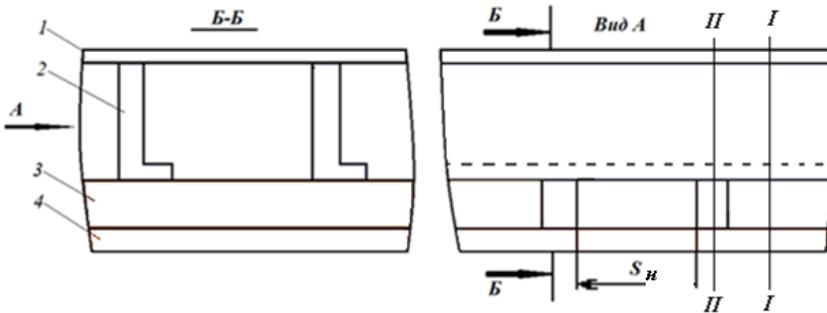


Рис. 2. Эскиз конструкции

1–борт, 2–судовой набор, 3–бруски обрешетки, 4–зашивка.

Коэффициент теплопроводности зашивки можно принять равным коэффициенту теплопроводности дерева $\lambda_3 = \lambda_d$. Коэффициент теплопроводности дерева (сосна и ель поперек волокон) $\lambda_d = 0,14 \dots 0,16 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Значение коэффициент теплопроводности различных теплоизоляционных материалов приведены в таблице 6.

Коэффициент теплопередачи подволока следует рассчитывать методом круговых потоков. Эскиз узла теплоизоляционной конструкции подволока, на котором указаны разбивка конструкции на зоны, обозначены круговые потоки и все величины используемые в расчете приведен на рис.3 и рис.4.

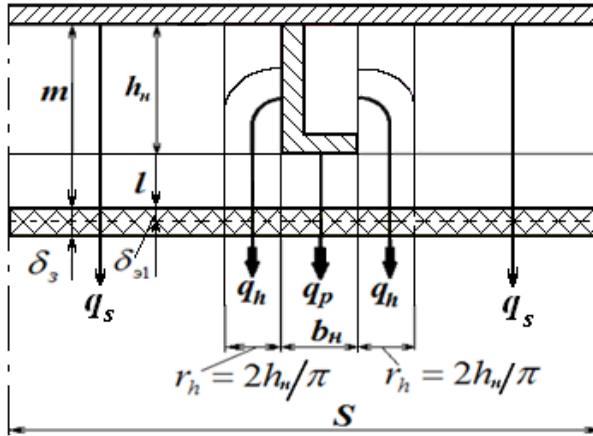


Рис. 3. Эскиз типового участка изоляции I-I

Для сечения I-I из равенства термических сопротивлений

$$\frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{\delta_{31}}{\lambda_u}$$

Эквивалентная толщина изоляции, м

$$\delta_{31} = \frac{\delta_3 \cdot \lambda_u}{\lambda_3}$$

Приведенная толщина изоляционного слоя над полкой профиля набора, м

$$l_{n1} = l + \delta_{31}$$

Толщина изоляции между бортом и зашивкой, м

$$m = h_n + l$$

Приведенная толщина изоляционных слоев, м

$$m_{n1} = m + l_{n1}$$

Тепловой поток зоны 1, выходящий из полки набора, Вт/м²

$$q_p = \frac{\lambda_u \cdot s_n \cdot b_n}{l_{n1}}$$

s_n - расстояние между поперечными деревянными брусками (шаг обрешетки) $s_n = (0,5 \dots 0,7) \text{ м}$.

Радиусы дуг окружности в зонах 2 меняются от $r=0$ до $r=r_h$. Поэтому тепловые потоки, поступающие от боковых поверхностей определяются интегрированием.

Полный круговой поток одной зоны 2 шириной $r_h = \frac{2h_n}{\pi}$

определяется по формуле, Bm/m^2

$$q_h = \frac{2 \cdot \lambda_u \cdot s_u \cdot \ln\left(\frac{h_u + l_{n1}}{l_{n1}}\right)}{\pi}$$

Прямолинейный поток двух зон 3 общей шириной

$$s_u - \left(b_u + \frac{4 \cdot h_u}{\pi}\right)$$

выходящий из обшивки корпуса между профилями набора определяется по формуле, Bm/m^2

$$q_s = \lambda_u \cdot s_u \cdot \frac{\left(s - \left(b_u + \frac{4 \cdot h_u}{\pi}\right)\right)}{m_{n1}}$$

Средний коэффициент теплопередачи $K_1 \left[\frac{Bm}{M^2 \cdot K} \right]$ для первого

типового участка, расположенного между поперечными профилями набора определяется по формуле

$$K_1 = \frac{q_p + 2 \cdot q_h + q_s}{S \cdot s_u}$$

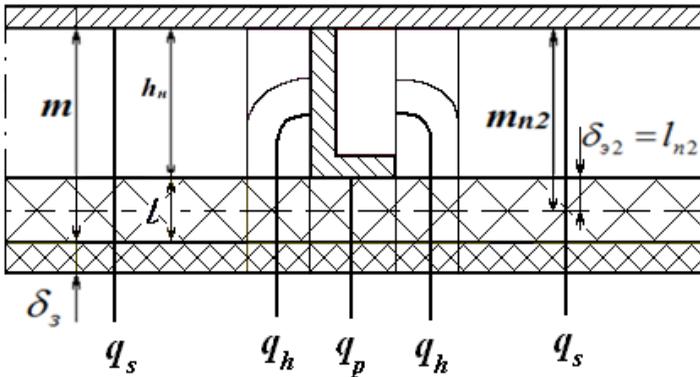


Рис. 4. Эскиз типового участка изоляции II-II

Средний коэффициент теплопередачи для второго типового участка, который выделяется сечением II-II и содержит поперечный брусок обрешетки определяется по тем же зависимостям.

Для сечения II-II из равенства термических сопротивлений

$$\frac{l}{\lambda_0} + \frac{\delta_3}{\lambda_0} = \frac{\delta_{\vartheta 2}}{\lambda_u}$$

Эквивалентная толщина изоляции, м

$$\delta_{\vartheta 2} = l_{n2} = l \frac{\lambda_u}{\lambda_0} + \delta_3 \frac{\lambda_u}{\lambda_3}$$

Приведенная толщина основной изоляции, м

$$m_{n2} = h_u + l_{n2}$$

Тепловой поток зоны 1, выходящий из полки набора, Bm/m^2

$$q_p = \frac{\lambda_u \cdot s_d \cdot b_u}{l_{n2}}$$

где $s_d = 0,05m$ - ширина бруска.

Полный круговой поток одной зоны 2, Bm/m^2

$$q_h = \frac{2 \cdot \lambda_u \cdot s_d \cdot \ln \left(\frac{h_u + l_{n2}}{l_{n2}} \right)}{\pi}$$

Прямолинейный поток двух зон 3, Bm/m^2

$$q_s = \lambda_u \cdot s_d \cdot \frac{\left(s - \left(b_u + \frac{4 \cdot h_u}{\pi} \right) \right)}{m_{n2}}$$

Средний коэффициент теплопередачи для второго типового участка, $\left[\frac{Bm}{M^2 \cdot K} \right]$

$$K_2 = \frac{q_p + 2 \cdot q_h + q_s}{S \cdot s_d}$$

Полный коэффициент теплопередачи, $\left[\frac{Bm}{M^2 \cdot K} \right]$

$$K_n = \frac{K_1 \cdot s_u + K_2 \cdot s_d}{10 s_u + s_d}$$

4. Расчет холодопроизводительности СХУ

Холодопроизводительность трюмных охлаждающих приборов Q_0 является исходной величиной для их расчета. Поэтому рекомендуется определять Q^{mp}_i отдельно по каждому трюму.

Для проектирования СХУ принимают наибольший из теплопритоков по трем трюмам.

$$Q_0 = Q^{mp}_{i \max}.$$

Режим перевозки груза будет поддерживаться на требуемом уровне, если при достижении заданных параметров воздуха в охлаждаемом помещении все теплопритоки в трюм будут уравновешены соответствующим количеством холода, вырабатываемого трюмными охлаждающими приборами. Поэтому холодопроизводительность трюма рассчитывается как сумма отдельных теплопритоков.

Теплоприток в трюм складывается из суммы теплопритоков:

$$Q_i^{mp} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4.$$

где Q_1 – теплоприток через внешние ограждения, Bm ;

Q_2 – теплоприток с вентиляционным воздухом, Bm ;

Q_3 – теплоприток от работающих механизмов, Bm ;

Q_4 – теплоприток с грузом, поступившим на судно, Bm .

4.1. Теплоприток через внешние ограждения

Количество теплоты Q_l в единицу времени, проникающее в трюм через его внешние ограждения, складываются из теплопритоков через палубу $Q_{п.м}$, борта (подводный $Q_{п.б}$ и надводный $Q_{п.б}$) и переборки $Q_{пер}$. Сюда же можно отнести теплопритоки через крышку люка Q_l . Расчет теплопритоков ведется по уравнению $Q = K \cdot F \cdot \Delta t$.

где K – коэффициент теплопередачи данного ограждения, Bm/m^2K ; (Значения коэффициентов теплопередачи приведены в таблице 6).

F – площадь поверхности, m^2 ;

Δt - разность температур между воздухом трюма и окружающей средой за соответствующим ограждением, $^{\circ}\text{C}$.

Коэффициент теплопередачи палубы трюма $K_{n.m.}$ принять равным коэффициенту теплопередачи подволока $K_{n.m.} = K_n$

Остальные коэффициенты теплопередачи ($\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$) выбрать из таблицы 7:

Борта K_{δ} –

Переборки:

с МКО $K_{МКО}$ –

с помещением судовых систем K_{cc} –

с форпиком и ахтерпиком K_{ϕ} –

с коффердамом K_{κ} –

При этом коэффициент теплопередачи K_{δ} для обеих частей бортов можно принять одинаковыми.

При расчете теплопритока через борта следует обратить внимание, что одна часть бортов омывается забортной водой, а другая наружным воздухом. Температурные напоры Δt для них будут разными. Значения для надводной $Q_{n.\delta}$ и подводной $Q_{n.\delta}$ частей бортов вычисляются отдельно.

Значение температурных напоров зависят от района плавания судна (таблица 8) и рода перевозимого груза. Во всех трюмах рефрижератора предполагается транспортирование одного и того же заданного груза, режим перевозки которого может быть принят по данным таблицы 9.

Температура воздуха в машинном отделении судна может быть принята на $5...12^{\circ}\text{C}$ выше температуры t_n , а температура в форпике, ахтерпике и коффердаме, расположенном между первым и вторым или вторым и третьим трюмами, - как средняя арифметическая между значениями t_n (температура наружного воздуха) и t_e (температура воды).

Так как $t_e < t_n$, то из-за высокой теплопроводности стали температура наружной обшивки надводного борта $t_{обш.\delta}$ устанавливается ниже t_n . Значение средней температуры $t_{обш.\delta}$ ($^{\circ}\text{C}$) без учета влияния солнечной радиации можно рассчитать по формуле

$$t_{обш.\delta} = \frac{F_{n.\delta} \cdot t_n + F_{n.\delta} \cdot t_e}{F_{n.\delta} + F_{n.\delta}}$$

где $F_{н.б.}$ и $F_{п.б.}$ – соответственно площади теплопередающих поверхностей надводного и подводного борта, m^2 .

При определении теплопритоков через главную палубу $Q_{п.г.}$ и один из бортов следует учитывать влияние солнечной радиации на температуру обшивки облучаемых поверхностей (оба борта одновременно облучаться не могут). С этой целью в формуле температурных напоров через ограждения вместо температуры t_n для палубы судна и температуры облученной обшивки борта $t_{обш.б.}$ для надводной части следует подставлять соответствующую температуру обшивки облученной поверхности главной палубы $t_{обш.п.}$ и среднюю температуру обшивки облученного борта $t_{обш.обл.}$

Значение температуры $t_{обш.обл.}$ ($^{\circ}C$) с учетом влияния теплового потока вычисляется по формуле

$$t_{обш.обл.} = \frac{F_{н.б.} \cdot t_{обл} + F_{п.б.} \cdot t_{в.}}{F_{н.б.} + F_{п.б.}}$$

где $t_{обл.}$ - температура облученной поверхности борта, $^{\circ}C$.

где $\Delta t_{р.б.}$ - дополнительный температурный напор для борта, обусловленный солнечной радиацией, $^{\circ}C$.

$$t_{обл} = t_n + \Delta t_{р.б.}$$

Значения температуры обшивки облученной поверхности главной палубы

$$t_{обш.п.} = t_n + \Delta t_{р.п.}$$

где $\Delta t_{р.п.}$ - дополнительный температурный напор для палубы, обусловленный солнечной радиацией, $^{\circ}C$.

Температурный напор для борта и для палубы, обусловленный солнечной радиацией

$$\Delta t_p = \frac{\varepsilon_n \cdot I}{\alpha_n}$$

где ε_n - коэффициент поглощения лучистой энергии (для белой краски 0,12...0,3, для черной 0,97...0,99);

I - суммарная интенсивность солнечной радиации;

α_n – коэффициент теплоотдачи со стороны наружного воздуха, ($\alpha_n = 29 \text{ Вт}/m^2 \cdot K$).

Для вертикальной поверхности - $I_z=198Bm/m^2$, для - горизонтальной поверхности $I_6=337Bm/m^2$.

Дополнительный теплоприток через изолированную крышку люка определяется по формуле:

$$Q_l = 0,17 \cdot Q_{\text{пилл.}}$$

где $Q_{\text{пилл.}}$ - тепловой поток через пиллерс.

$$Q_{\text{пилл.}} = 10^{-3} \cdot n_n \cdot q_n \cdot (\Delta t_z + \Delta t_n),$$

где n_n - число пиллерсов;

q_n - удельный тепловой поток, Bm/c ;

Δt_z - температурный напор со стороны головки пиллерса, $^{\circ}C$;

Δt_n - температурный напор со стороны ножки пиллерса, $^{\circ}C$.

Считая, что трюм снабжен одним люком, число пиллерсов в нем можно принять $n_n=4$.

Удельный тепловой поток примем $q_n=0,9Bm/m^2$.

$$\Delta t_z = t_n - \theta.$$

$$\Delta t_n = t_6 - \theta.$$

Общий теплоприток для каждого трюма через внешние ограждения

$$Q_1^i = Q_{n.m.} + Q_{n.б.} + Q_{n.б.}^{обл} + 2 \cdot Q_{n.б.} + Q_{\text{неп}1} + Q_{\text{неп}2} + Q_l$$

4.2. Теплоприток с вентиляционным воздухом

При вентиляции трюма загрязненный охлажденный воздух заменяется свежим наружным, который приносит с собой теплоту и влагу. Теплоприток с вентиляционным воздухом определяется по формуле

$$Q_2 = V_1 \cdot \rho_0 \frac{(h_n - h_0) \cdot n}{24 \cdot 3600}.$$

где V_1 - вместимость рефрижераторного трюма, m^3 ;

ρ_0 - плотность воздуха в трюме, $кж/м^3$; (Таблица 10).

h_n, h_0 – энтальпия наружного и охлажденного воздуха в трюме, $кДж/кг$; Определяются по $h-d$ диаграмме влажного воздуха (приложение 2) по заданным температурам и влажности воздуха.

n – суточная кратность вентиляционного воздухообмена в трюме, определяемая режимом перевозки заданного груза (принимается по таблице 9).

4.3 Теплоприток от работающих механизмов

Этот теплоприток эквивалентен мощности механизмов, передаваемой ими в процессе работы воздуху. Он определяется по формуле

$$Q_3 = \frac{z \cdot \psi \cdot N}{24}.$$

где z – время работы вентиляторов воздухоохладителей в сутки, $z=(18...20)ч$;

ψ – коэффициент одновременности работы механизмов ($\psi=1$);

N – суммарная мощность вентиляторов воздухоохладителей.

$$N=(N_{yв}+N_{yn}) \cdot G_z.$$

где $N_{yв}$ – удельная мощность вентиляторов (Таблица 11), $Вт$;

N_{yn} – удельная мощность рассольного насоса (Таблица 11), $Вт$;

G_z – грузовместимость трюма, т.

$$G_z = \frac{V}{v_z}.$$

где V – объем трюма, $м^3$;

v_z – удельный погрузочный объем, $м^3/м$.

4.4 Теплоприток с грузом, поступившим на судно

Теплоприток с грузом, поступившим на судно определяется по формуле

$$Q_4 = \frac{G_{om} \cdot (h_{om} - h_{z.o}) + G_m \cdot c_m \cdot (t_{om} - \theta)}{24 \cdot z_n}.$$

где G_{om} – масса отепленного груза, кг;
 $h_{om}, h_{z.o}$ – удельные энтальпии отепленного груза и груза при температуре θ (принимаются по таблице 12);
 G_m – масса тары, кг;
 c_m – теплоемкость тары, $c_m = 2600$ (кДж/(кг·К));
 t_{om} – температура отепленного груза, °С;
 z_n – время домораживания или доохлаждения груза,
 $z_n = (24 \dots 48)$ ч.

$$G_{om} = 1000 \cdot (G_z - G_m).$$

$$G_m = 0,10 \cdot G_z \cdot 1000$$

$$t_{om} = \theta + 2.$$

При расчете холодопроизводительности СХУ пренебрегаем значением теплопритоков от освещения и от работающих в охлажденном помещении людей.

5.5 Потребная холодопроизводительность охлаждающих приборов и компрессоров.

Полная холодопроизводительность судовой холодильной машины, представляющей собой тепловую нагрузку на ее компрессор, с учетом требований Правил Российского Речного Регистра по определяется по формуле

$$Q_{ок} = 24 \cdot b_x \cdot \frac{Q_0}{z_k}$$

где b_x – коэффициент запаса холодопроизводительности,
 $b_x = 1,1$;

z_k – время работы холодильных компрессоров в течении суток, $z_k = 24$.

5. Система охлаждения и способ холодоснабжения трюмов, принципиальная блок-схема СХУ, расчет теоретического цикла холодильной машины.

5.1 Система охлаждения и способ холодоснабжения трюмов.

В данном разделе рекомендуется рассмотреть существующие системы охлаждения рефрижераторных судов, их преимуществ и недостатки, а также обосновать применяемую систему охлаждения трюмов (1, 2).

5.2 Принципиальная блок-схема СХУ.

В данном разделе необходимо изобразить применяемую схему охлаждения трюмов и описать принцип ее работы (1, 2).

5.3 Расчет теоретического цикла холодильной машины.

Перед построением теоретического цикла необходимо найти значения определяющих его температур хладагента: кипения t_0 , конденсации t_k , переохлаждения жидкости $t_{нож}$ перед дросселирующим клапаном и всасываемых паров $t_{вс}$ перед компрессором. При этом надо руководствоваться следующими рекомендациями.

Значение t_0 зависит от температуры θ и типа системы охлаждения: $t_0 = \theta - \Delta t_0$,

где Δt_0 – температурный напор между кипящим в испарителе хладагентом и воздухом трюма.

Для воздушной системы охлаждения с непосредственным воздухоохладителем $\Delta t_0 = (8...12) ^\circ C$, для воздушной системы охлаждения с рассольным воздухоохладителем $\Delta t_0 = (15...17) ^\circ C$, для батарейной рассольной системы охлаждения $\Delta t_0 = (13...16) ^\circ C$, для батарейной непосредственной системы охлаждения $\Delta t_0 = (10...15) ^\circ C$. Здесь большие значения соответствуют установке меньшей холо-

допроизводительности и высоким температурам охлаждаемых помещений ($\theta \geq 0^\circ C$).

В холодильных машинах, обслуживающих трюмы рефрижераторных судов, конденсатор охлаждается забортной водой. В этом случае температура конденсации $t_k = t_e + (6 \dots 8)^\circ C$.

Температура паров хладагента во всасывающей трубке компрессора определяется по формуле $t_{ec} = t_0 + \Delta t_{n.n.}$

где $\Delta t_{n.n.}$ – перегрев паров, всасываемых компрессором.

Пренебрегая изменением состояния хладагента во всасывающем трубопроводе, можно считать, что этот перегрев в цикле без регенерации теплоты осуществляется только в испарителе ($\Delta t_{n.n.} = \Delta t_{n.n.}^u$), а в цикле с регенерацией в общем случае в испарителе и регенеративном теплообменнике $\Delta t_{n.n.} = (\Delta t_{n.n.}^u + \Delta t_{n.n.}^m) = (10 \dots 30)^\circ C$. Причем более высокие температуры перегрева в регенеративном теплообменнике соответствуют большей разнице температур $t_k - t_0$.

Перегрев паров в испарителях трюмных воздухоохладителей можно принять $\Delta t_{n.n.}^u = (1 \dots 3)^\circ C$, в испарительных батареях непосредственного охлаждения $\Delta t_{n.n.}^m = (2 \dots 5)^\circ C$.

При $t_0 > 0^\circ C$ можно принять $\Delta t_{n.n.}^m \leq 15^\circ C$, при $t_0 \leq 0^\circ C$ - $\Delta t_{n.n.}^m \leq (15 \dots 30)^\circ C$.

В современных СХУ переохлаждение жидкого хладагента осуществляется забортной водой в конденсаторе и холодильными парами хладагента за счет их перегрева в регенеративном теплообменнике.

Температура переохлаждения в конденсаторе определяется как

$$t_{пж}^k = t_k - \Delta t_{пж},$$

где $\Delta t_{пж}$ – переохлаждение жидкого хладагента, значение которого зависит от того, чем и в каком аппарате оно осуществляется.

Для переохлаждения водой в конденсаторе

$$t_{пж}^k = t_e + (4 \dots 5)^\circ C.$$

Состояние переохлажденного жидкого хладагента перед дроссельным клапаном $t_{пж}^T$ определяется из уравнения теплового баланса регенеративного теплообменника. Этот баланс, если пренебречь теплообменом с наружным воздухом, выражает условие регенерации в регенеративном теплообменнике – равенство количества теп-

лоты, отданной теплой жидкостью в процессе переохлаждения и полученной холодными парами в процессе перегрева. Поскольку теплоемкость жидкости больше теплоемкости пара, то

$$t_{пж}^к - t_{пж}^т < t_{пп}^т - t_{пп}^и$$

В работе необходимо привести рисунок с изображением в осях $T-s$ и $h-lgP$ расчетного теоретического цикла холодильной машины, где следует обозначить все точки, характеризующие состояние хладагента на входе в компрессор, теплообменные аппараты, дроссельный клапан, и на выходе из них, все изотермы, изобары p_0 и p_k .

Для последующих расчетов целесообразно, пользуясь диаграммой, в которой построен теоретический цикл, составить таблицу основных параметров хладагента в характерных точках цикла.

Параметры состояния холодильного агента в характерных точках теоретического цикла.

Точки цикла	Параметры			
	Температура, °C	Давление, МПа	Энтальпия, кДж/кг	Удельный объем, м³/кг

Параметры состояния хладагента в характерных точках теоретического цикла определяют по $T-s$ или $p-h$ диаграммам заданного хладагента (приложение 2).

Пример построения такой таблицы и изображение цикла с регенерацией теплоты в $T-s$ и $p-h$ координатах, при работе на хладагенте $R22$, при температурах $t_0=0^{\circ}C$ и $t_k=40^{\circ}C$, приведен ниже. Точками обозначены следующие состояния хладагента:

1' – на выходе паров из испарителя – входе в регенеративный теплообменник ($p_0, t_{пп}^и$);

1 – на выходе паров из регенеративного теплообменника – входе в компрессор ($p_0, t_{вс}$);

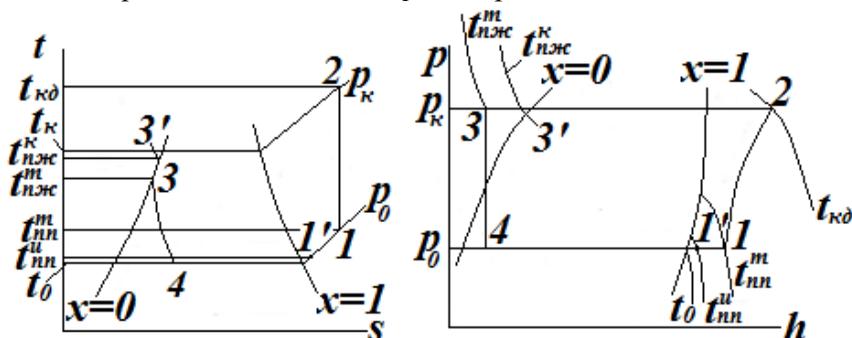
2 – на выходе паров из конденсатора – входе в конденсатор ($p_k, t_{кд}$);

3' – на выходе жидкого хладагента из конденсатора – входе в регенеративный теплообменник ($p_k, t_{пж}^k$);

3 – на выходе жидкости из регенеративного теплообменника – входе в дроссельный клапан ($p_k, t_{пж}^T$);

4 – на выходе из дроссельного клапана – входе в испаритель (p_0, t_0).

Изображение цикла в $T-s$ и $p-h$ координатах



Параметры состояния хладагента в характерных точках теоретического цикла

Точки цикла	Параметры			
	Температура, °C	Давление, МПа	Энтальпия, кДж/кг	Удельный объем, м³/кг
1'	1	0,495	605	0,05
1	15	0,495	617	0,055
2	73	1,5	647	0,019
3'	38	1,5	448	-
3	28	1,5	436	-
4	0	0,495	436	0,016

Расчет теоретического цикла холодильной машины предполагает определение:

1. Удельной массовой холодопроизводительности, (кДж/кг)

$$q_0 = h_1 - h_4,$$

где h_1 – энтальпия хладагента на входе в компрессор (кДж/кг),

h_1 – энтальпия хладагента на входе в испаритель (кДж/кг).

2. Удельной работы компрессора, (кДж/кг)

$$l_k = h_2 - h_1,$$

где h_2 – энтальпия хладагента на выходе из компрессора (кДж/кг).

3. Теоретического холодильного коэффициента

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l_k}.$$

4. Массового расхода циркулирующего в машине хладагента, (кг/с)

$$G_0 = \frac{Q_{ок}}{q_0}.$$

5. Теоретической мощности холодильного компрессора, (Вт).

$$N_T = G_0 \cdot l_k.$$

6. Объемной подачи, ($M^3/с$)

$$V_0 = v_1 \cdot G_0,$$

где v_1 – удельный объем хладагента на входе в компрессор ($M^3/кг$).

6. Основное оборудование СХУ

Состав оборудования СХУ определяется требованиями “Правил классификации и постройки судов внутреннего плавания. т.2”. В курсовой работе можно ограничиться подбором главных элементов основного оборудования: компрессора, конденсатора, рассольного испарителя, охлаждающей батареи и насоса обслуживающих СХУ при рассольной системе охлаждения;

6.1 Холодильные компрессоры

По диапазону значений холодопроизводительности и режимам работы в СХУ речных судов целесообразно использовать поршневые и винтовые компрессоры. Для выбора компрессора можно использовать таблицу 13. В таблице 14 приведены основные характе-

ристики компрессоров. На рис.б...14 представлены зависимости подачи и мощность потребляемые компрессорами.

Холодильный компрессор выбирается по рабочему объему или по табличному значению номинальной холодопроизводительности для стандартизированного температурного режима.

Рабочий объему рассчитывается по уравнению

$$V_p = \frac{V_0}{\lambda_p}.$$

где V_0 - объемная подача (\mathcal{M}^3/c),

λ_p – коэффициент подачи.

Коэффициент подачи учитывает все притоки и определяется по формуле

$$\lambda_p = \lambda_0 \cdot \lambda_{dp} \cdot \lambda_n \cdot \lambda_{nl},$$

где λ_0 – коэффициент объемных потерь,

λ_{dp} – коэффициент дросселирования,

λ_n – коэффициент подогрева,

λ_{nl} - коэффициент неплотности.

Коэффициент объемных потерь определяется по уравнению

$$\lambda_0 = 1 - c \left[\left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right].$$

где c – относительный объем вредного пространства (пространство между клапанной плитой и поршнем при его крайнем верхнем положении) ($c=0,025...0,03$),

n – показатель политропы расширения пара из вредного пространства. Для паровых компрессоров $n=1$.

Коэффициент дросселирования для хладоновых компрессоров $\lambda_{dp}=0,93...0,99$.

Потери, возникающие из-за теплообмена при всасывании учитываются коэффициентом подогрева, который определяется по формуле

$$\lambda_n = \frac{t_0 + 273}{t_k + 273}.$$

Объемные потери, вызываемые протечками через неплотности клапанов, поршней, сальника компрессора учитывается коэффициентом неплотности, находящимся в пределах $\lambda_{nl}=0,96...0,98$.

Номинальная холодопроизводительность компрессора в стандартном режиме (кВт) и мощность, потребляемую электродвигателем, в зависимости от температурного режима работы холодильной машины (значений температур t_0 и t_k), можно определить по рис. 6...16.

6.2 Теплообменные аппараты

К теплообменным аппаратам основного оборудования холодильных установок рефрижераторных судов относятся конденсаторы, рассольные испарители, трюмные охлаждающие приборы – воздухоохладители или охлаждающие батареи. Их подбирают по наибольшей площади теплообменной поверхности, которая в общем случае рассчитывается по формуле

$$F_{m.a} = \frac{10^3 \cdot Q_{m.a} \cdot \eta_{m.a}}{q_{Fm.a}}$$

где $F_{m.a}$ – площадь теплообменной поверхности соответствующего аппарата, для ребристых аппаратов с учетом площади ребер, m^2 ;

$Q_{m.a}$ – тепловой поток в аппарате (его тепловая нагрузка), kBm ;

$q_{Fm.a}$ – поверхностная плотность теплового потока в аппарате (тепловая нагрузка $1m^2$ площади теплообменной поверхности), Bm/m^2 ;

$\eta_{m.a}$ – коэффициент запаса теплообменной поверхности на заглушение (отключение) части теплообменных трубок из-за их повреждения. Для конденсаторов $\eta_{m.a}=1,05...1,1$. Для рассольного испарителя $\eta_{m.a}=1,05...1,15$. Для воздухоохладителя $\eta_{m.a}=1,1...1,21$. Для охлаждающей батареи воздухоохладителя $\eta_{m.a}=1,15...1,25$.

6.2.1 Конденсаторы

В СХУ обычно применяются горизонтальные кожухотрубные конденсаторы, охлаждаемые заборной водой.

Тепловой поток, отводимый в конденсаторе, определяется по выражению $Q_k = Q_{m.a} = Q_{ок} + N_i$.

где $Q_{ок}$ – холодопроизводительность компрессора, работающего на рассчитываемый конденсатор, кВт;

N_i – индикаторная мощность компрессора с внешним приводом, кВт.

$$N_i = \frac{N_t}{\eta_i}$$

где η_i – индикаторный к.п.д., $\eta_i = 0,81 \dots 0,85$.

Поверхностная плотность теплового потока в конденсаторе может быть принята $q_{Fm.a} = 3500 \dots 4000 \text{ Вт/м}^2$.

Основные технические данные горизонтальных кожухотрубных конденсаторов представлены в таблице 15.

6.2.2 Рассольные испарители

В формуле для расчета площади F_{ma} теплообменной поверхности испарителя тепловой поток в нем принимается равным

$$Q_u = Q_{m.a} = (1,05 \dots 1,15) \cdot Q_{ок}$$

где $Q_{ок}$ – холодопроизводительность рассольных батарей, работающего обслуживаемых данным испарителем, кВт;

1,05...1,15 – коэффициент, учитывающий теплопритоки в рассольную систему от наружного воздуха.

Поверхностная плотность теплового потока в испарителе может быть принята $q_{Fm.a} = 1100 \dots 1300 \text{ Вт/м}^2$.

Основные технические данные испарителей представлены в таблице 16.

6.2.3 Воздухоохладители

Тепловой поток, необходимый для расчета площади теплообменной поверхности, определяется по формуле

$$Q_{\text{го}} = Q_{\text{ма}} = \frac{Q^{\text{мп}}}{h_{\text{го}}}$$

где $Q^{\text{мп}}$ – холодопроизводительность обслуживаемого трюма, кВт,

$h_{\text{го}}$ – число воздухоохлаждателей, устанавливаемых в трюме,
 $h_{\text{го}}=1...4$.

Поверхностная плотность теплового потока в воздухоохладителе непосредственного охлаждения с ребристыми трубками равна $q_{F_{\text{м.а}}}=2300...460 \text{ Вт/м}^2$.

Основные технические данные низкотемпературных воздухоохлаждателей представлены в таблицах 17...19.

6.2.4 Охлаждающие батареи

Охлаждающие батареи изготавливаются одно или двухрядными сварными змеевиковыми секциями из гладких или оребренных стальных труб с наружным диаметром $d=57\text{мм}$ и толщиной стенки $3,5\text{мм}$.

Тепловой поток в охлаждающих батареях (их холодопроизводительность) входящая в формулу для расчета $F_{\text{м.а}}$ равен холодопроизводительности обслуживаемого ими трюма $Q_{\text{об}}=Q_{\text{ма}}=Q^{\text{мп}}$.

По площади $F_{\text{м.а}}$ (м^2) определяется суммарная длина труб (м) рассольных батарей

$$L_{\text{б}} = \frac{F_{\text{ма}}}{f}$$

где f – площадь трубы (гладкой или оребренной) длиной 1м , $\text{м}^2/\text{п.м}$. $f=\pi \cdot d$.

Задаваясь длиной тру в одной батарее $l_{\text{б}}$ (обычно не более $200...250\text{м}$), рассчитывают число батарей в трюме

$$n_{\text{б}} = \frac{L_{\text{б}}}{l_{\text{б}}}$$

6.3 Насос забортной воды

Насосы в составе холодильных установок, обслуживающих трюмы рефрижераторных судов, обеспечивают циркуляцию забортной воды через конденсаторы и рассола по системе хладоносителя. Независимо от принятого способа охлаждения трюмов водяные насосы целесообразно подбирать так, чтобы они централизованно обеспечивали подачу забортной воды для всех холодильных машин судна.

Подача насоса рассчитывается по формуле

$$Q_u = \frac{3600 \cdot Q_k}{\rho_w \cdot c_w \cdot \Delta t_w} \left(\frac{M^3}{ч} \right).$$

где ρ_w – плотность воды, $\rho_w = 1000 \text{ кг/м}^3$;

c_w – теплоемкость воды, $c_w = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$;

Δt_w – изменение температуры воды в теплообменном аппарате, $\Delta t_w = 3 \dots 5^\circ\text{C}$.

Основные технические данные насосов приведены в таблице 20.

6.4 Насос для рассола

Подача насоса рассчитывается по формуле

$$Q_u = \frac{3600 \cdot Q_u}{\rho_p \cdot c_p \cdot \Delta t_p} \left(\frac{M^3}{ч} \right).$$

где ρ_p – плотность рассола;

c_p – теплоемкость рассола;

Δt_p – изменение температуры рассола в рассольном испарителе, $\Delta t_p = 2 \dots 3^\circ\text{C}$.

По допустимой температуре застывания рассола ($^\circ\text{C}$) $t_3 = \theta - 8$ выбрать содержание соли в рассоле, температуру замерзания, плотность и теплоемкость рассола.

Основные технические данные насосов приведены в таблице 20.

6.5 Вентилятор

Вентиляторы СХУ в воздушных системах охлаждения обеспечивают циркуляцию воздуха в контуре воздухоохладитель-трюм.

Подача вентиляторов воздухоохладителей рассчитывается по формуле

$$V_n = \frac{3600 \cdot Q_{\text{в.о.}}}{\rho_0 \cdot (h_{\text{в.х.}} - h_{\text{в.вых.}})} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \right).$$

где ρ_0 – плотность воздуха в трюме; ; (Таблица 10).

$h_{\text{в.х.}}$ – энтальпия воздуха поступающего в воздухоохладитель;

$h_{\text{в.вых.}}$ – энтальпия воздуха выходящего из воздухоохладителя.

Температуру воздуха поступающего в воздухоохладитель принять равной температуре в трюме, а выходящей из воздухоохладителя на 2...5⁰С меньше. Изменением влажности воздуха при этом пренебречь.

Энтальпии воздуха принять по $h-d$ диаграмме влажного воздуха (приложение 2).

6.6 Энергоемкость и электродвигатели СХУ

Основными потребителями электроэнергии в СХУ является компрессор, насосы и вентиляторы. Мощность потребляемая из сети электродвигателями этих механизмов, в общем случае определяется как

$$N_{\text{э}} = \frac{N_e}{\eta_n \cdot \eta_{\text{эд}}} (\text{кВт}).$$

где N_e – эффективная мощность механизма, кВт;

η_n – к.п.д. передачи;

$\eta_{\text{эд}}$ – к.п.д. электродвигателя.

Для компрессоров $\eta_n = 0,96...0,99$. В СХУ насосы и вентиляторы, как правило, приводятся непосредственно от электродвигателей.

Поэтому для них можно принять $\eta_n = 1$.

Номинальный к.п.д. электродвигателей компрессоров может быть принят равным 0,78...0,84, электродвигателей насосов и вентиляторов 0,8...0,9.

Эффективная мощность компрессора может быть подсчитана по формуле

$$N_e = \frac{N_t}{\eta_e} (\text{кВт}).$$

где N_t – теоретическая мощность компрессора, которая определяется в расчете теоретического цикла, кВт;

η_e – эффективный к.п.д., $\eta_e=0,8...0,95$.

В заключении следует определить электрический холодильный коэффициент, который характеризует ее энергетическую эффективность

$$\varepsilon_{\text{хх}} = \frac{\sum Q_i^{mp}}{\sum N_s} (\text{кВт}).$$

где $\sum Q_i^{mp}$ – суммарная расчетная холодопроизводительность, кВт;

$\sum N_s$ – суммарная мощность, потребляемая из сети электродвигателями ее основных механизмов, кВт.

Библиографический список

1. Варечкин, Ю.В. Судовые холодильные установки Н. Новгород : Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2021. – 115 с.
2. Нестеров, Ю.Ф. Судовые холодильные установки и системы кондиционирования воздуха М.: Транспорт, 1991. – 229с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 2. Исходные данные для расчета холодильной установки

Вариант	Тип судна	Район плавания	Груз	Теплоизоляционный материал	Хладагент
1	2	3	4	5	6
1	0	Центральный бассейн	Баранина охлажденная	ПХВ-1	R12
2	I	Южный бассейн	Говядина охлажденная	ФС-7	аммиак
3	II	Северный бассейн	Свинина охлажденная	ППУ-3	R410A
4	III	Северо-Западный бассейн	Птица охлажденная	ФК-20	R407A
5	IV	Бассейн реки Обь	Баранина мороженная	ФРП-2	R404A
6	V	Бассейн реки Иртыш	Говядина мороженная	ПС-4	R134A
7	VI	Бассейн реки Енисей	Свинина мороженная	ПСБС	R12
8	VII	Бассейн реки Ангара	Птица мороженная	ПСБС	аммиак
9	VIII	Бассейн Байкала	Рыба охлажденная	ППУ-3Н	R410A
10	IX	Бассейн реки Лена	Рыба мороженная	ППУ-17Н	R407A
11	0	Бассейн реки Амур	Масло сливочное	ППУ-Э	R404A
12	I	Бассейн Каспийского моря	Сыр	АТИМС-10	R134A
13	II	Бассейн Черного моря	Яйца	Пробковая плита	R12
14	III	Бассейн Азовского моря	Картофель	Альфоль	аммиак

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
15	IV	Бассейн Балтийского моря	Огурцы свежие	Альфолеум	R410A
16	V	Бассейн Белого моря	Помидоры	ПХВ-2	R407A
17	VI	Центральный бассейн	Лук репчатый	ПУ-101	R404A
18	VII	Южный бассейн	Морковь	ФФ	R134A
19	VIII	Северный бассейн	Свекла	ФРП-1	R12
20	IX	Северо-Западный бассейн	Капуста	ПС-1	аммиак
21	0	Бассейн реки Обь	Абрикосы	ПСБ	R410A
22	I	Бассейн реки Иртыш	Апельсины	ППУ-3С	R407A
23	II	Бассейн реки Енисей	Виноград	ППУ-9Н	R404A
24	III	Бассейн реки Ангара	Бананы	ППУ-304Н	R134A
25	IV	Бассейн Байкала	Яблоки	РИПОР	R12
26	V	Бассейн реки Лена	Груши	АТИМС-5	аммиак
27	VI	Бассейн реки Амур	Сливы	Термофоль	R410A
28	VII	Бассейн Каспийского моря	Персики	АТИМС-15	R407A
30	IX	Бассейн Азовского моря	Баранина охлажденная	ПХВ-1	R134A

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
29	VIII	Бассейн Черного моря	Лимоны	ПМ	R404A
31	0	Бассейн Балтийского моря	Говядина охлажденная	ФС-7	R12
32	I	Бассейн Белого моря	Свинина охлажденная	ППУ-3	аммиак
33	II	Центральный бассейн	Птица охлажденная	ФК-20	R410A
34	III	Южный бассейн	Баранина мороженная	ФРП-2	R407A
35	IV	Северный бассейн	Говядина мороженная	ПС-4	R404A
36	V	Северо- Западный бассейн	Свинина мороженная	ПСБС	R134A
37	VI	Бассейн реки Обь	Птица мороженная	ПСБС	R12
38	VII	Бассейн реки Иртыш	Рыба охлажденная	ППУ-3Н	аммиак
39	VIII	Бассейн реки Енисей	Рыба мороженная	ППУ-17Н	R410A
40	IX	Бассейн реки Ангара	Масло сливочное	ППУ-Э	R407A
41	0	Бассейн Байкала	Сыр	АТИМС-10	R404A
42	I	Бассейн реки Лена	Яйца	Пробковая плита	R134A
43	II	Бассейн реки Амур	Картофель	Альфоль	R12
44	III	Бассейн Каспийского моря	Огурцы свежие	Альфолеум	аммиак
45	IV	Бассейн Черного моря	Помидоры	ПХВ-2	R410A

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
46	V	Бассейн Азовского моря	Лук репчатый	ПУ-101	R407A
47	VI	Бассейн Балтийского моря	Морковь	ФФ	R404A
48	VII	Бассейн Белого моря	Свекла	ФРП-1	R134A
49	VIII	Центральный бассейн	Капуста	ПС-1	R12
50	IX	Южный бассейн	Абрикосы	ПСБ	аммиак
51	0	Северный бассейн	Апельсины	ППУ-3С	R410A
52	I	Северо-Западный бассейн	Виноград	ППУ-9Н	R407A
53	II	Бассейн реки Обь	Бананы	ППУ-304Н	R404A
54	III	Бассейн реки Иртыш	Яблоки	РИПОР	R134A
55	IV	Бассейн реки Енисей	Груши	АТИМС-5	R12
56	V	Бассейн реки Ангара	Сливы	Термофоль	аммиак
57	VI	Бассейн Байкала	Персики	АТИМС-15	R410A
58	VII	Бассейн реки Лена	Лимоны	ПМ	R407A
59	VIII	Бассейн реки Амур	Баранина охлажденная	ПХВ-1	R404A
60	IX	Бассейн Каспийского моря	Говядина охлажденная	ФС-7	R134A

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
61	0	Бассейн Черного моря	Свинина охлажденная	ППУ-3	R12
62	I	Бассейн Азовского моря	Птица охлажденная	ФК-20	аммиак
63	II	Бассейн Балтийского моря	Баранина мороженная	ФРП-2	R410A
64	III	Бассейн Белого моря	Говядина мороженная	ПС-4	R407A
65	IV	Центральный бассейн	Свинина мороженная	ПСБС	R404A
66	V	Южный бассейн	Птица мороженная	ПСБС	R134A
67	VI	Северный бассейн	Рыба охлажденная	ППУ-3Н	R12
68	VII	Северо- Западный бассейн	Рыба мороженная	ППУ-17Н	аммиак
69	VIII	Бассейн реки Обь	Масло сливочное	ППУ-Э	R410A
70	IX	Бассейн реки Иртыш	Сыр	АТИМС-10	R407A
71	0	Бассейн реки Енисей	Яйца	Пробковая плита	R404A
72	I	Бассейн реки Ангара	Картофель	Альфоль	R134A
73	II	Бассейн Байкала	Огурцы свежие	Альфолеум	R12
74	III	Бассейн реки Лена	Помидоры	ПХВ-2	аммиак
75	IV	Бассейн реки Амур	Лук репча- тый	ПУ-101	R410A

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
76	V	Бассейн Каспийского моря	Морковь	ФФ	R407A
77	VI	Бассейн Черного моря	Свекла	ФРП-1	R404A
78	VII	Бассейн Азовского моря	Капуста	ПС-1	R134A
79	VIII	Бассейн Балтийского моря	Абрикосы	ПСБ	R12
80	IX	Бассейн Белого моря	Апельсины	ППУ-3С	аммиак

Таблица 3. Размер расчетного узла изоляции подволока, мм

Вариант	Шпация S	Высота набора h_n	Ширина набора b_n	Толщина изоляции под набором l	Толщина зашивки δ_3
1	2	3	4	5	6
1	600	240	30	35	13
2	900	280	50	55	17
3	700	260	40	45	15
4	1050	300	60	55	19
5	800	270	45	50	16
6	650	250	35	40	14
7	1000	300	60	55	19
8	800	270	45	50	16
9	900	280	50	55	17
10	1150	350	65	70	20
11	700	260	40	45	15
12	950	290	55	60	18
13	1000	300	60	55	19
14	600	240	30	35	13
15	900	280	50	55	17

Продолжение табл. 3

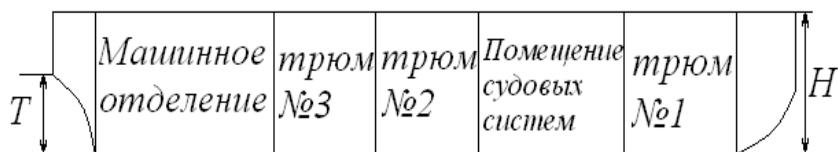
1	2	3	4	5	6
16	750	270	45	50	16
17	1100	350	65	70	20
18	650	250	35	40	14
19	850	280	50	55	17
20	950	290	55	60	18
21	800	270	45	50	16
22	1050	300	60	55	19
23	750	270	45	50	16
24	1100	350	65	70	20
25	700	260	40	45	15
26	850	280	50	55	17
27	1150	350	65	70	20
28	600	240	30	35	13
29	800	270	45	50	16
30	600	240	30	35	13
31	900	280	50	55	17
32	700	260	40	45	15
33	1050	300	60	55	19
34	800	270	45	50	16
35	650	250	35	40	14
36	1000	300	60	55	19
37	800	270	45	50	16
38	900	280	50	55	17
39	1150	350	65	70	20
40	700	260	40	45	15
41	950	290	55	60	18
42	1000	300	60	55	19
43	600	240	30	35	13
44	900	280	50	55	17
45	750	270	45	50	16
46	1100	350	65	70	20
47	650	250	35	40	14
48	850	280	50	55	17
49	950	290	55	60	18
50	800	270	45	50	16

Продолжение табл. 3

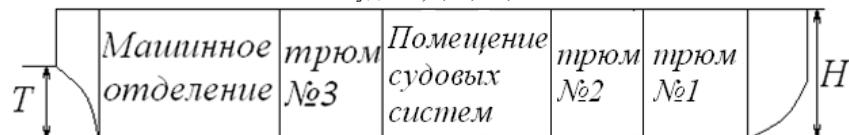
1	2	3	4	5	6
51	1050	300	60	55	19
52	750	270	45	50	16
53	1100	350	65	70	20
54	700	260	40	45	15
55	850	280	50	55	17
56	1150	350	65	70	20
57	600	240	30	35	13
58	800	270	45	50	16
59	600	240	30	35	13
60	900	280	50	55	17
61	700	260	40	45	15
62	1050	300	60	55	19
63	800	270	45	50	16
64	650	250	35	40	14
65	1000	300	60	55	19
66	800	270	45	50	16
67	900	280	50	55	17
68	1150	350	65	70	20
69	700	260	40	45	15
70	950	290	55	60	18
71	1000	300	60	55	19
72	600	240	30	35	13
73	900	280	50	55	17
74	750	270	45	50	16
75	1100	350	65	70	20
76	650	250	35	40	14
77	850	280	50	55	17
78	950	290	55	60	18
79	800	270	45	50	16
80	1050	300	60	55	19

Таблица 4. Размеры трюмов

Тип судна	Размеры трюма, м	Трюмы		
		№1	№2	№3
0	Длина	17,0	18,0	19,0
	Ширина	8,0	8,0	8,0
	Высота	2,32	2,32	2,32
I	Длина	19,6	20,6	21,6
	Ширина	8,6	8,6	8,6
	Высота	3,29	3,29	3,29
II	Длина	22,0	23,2	22,4
	Ширина	9,2	9,2	9,2
	Высота	3,12	3,12	3,12
III	Длина	24,6	25,8	27,0
	Ширина	9,8	9,8	9,8
	Высота	2,82	2,82	2,82
IV	Длина	27,0	28,4	29,8
	Ширина	3,38	3,38	3,38
	Высота	3,1	3,1	3,1
V	Длина	29,0	31,0	33,0
	Ширина	11,0	11,0	11,0
	Высота	3,42	3,42	3,42
VI	Длина	32,0	33,6	35,2
	Ширина	11,6	11,6	11,6
	Высота	3,42	3,42	3,42
VII	Длина	36,0	36,2	36,4
	Ширина	12,2	12,2	12,2
	Высота	3,39	3,39	3,39
VIII	Длина	38,0	38,8	39,6
	Ширина	12,8	12,8	12,8
	Высота	3,35	3,35	3,35
IX	Длина	40,0	41,4	42,8
	Ширина	13,4	13,4	13,4
	Высота	3,3	3,3	3,3



Тип судна 0, I, II, III, IV



Тип судна V, VI, VII, VIII, IX

Рис. 5. К выбору типа судна

Таблица 5. Удельный погрузочный объем скоропортящихся грузов

Продукты	Удельный погрузочный объем, m^3/m
1	2
Мясо охлажденное	4,0...5,0
Мясо мороженное:	
Баранина	3,1
Говядина	2,5
Свинина	2,8
Птица	2,0...2,2
Рыба охлажденная	2,0...4,2
Рыба мороженная	2,0...2,7
Масло сливочное	1,6...1,8
Сыр	1,7...2,0
Яйца	3,0...3,3
Картофель	2,01...2,21
Огурцы свежие	2,97
Помидоры	2,01...2,45
Лук репчатый	1,8...2,0
Морковь	2,0...2,3
Свекла	2,0...2,1
Капуста	1,7...1,9
Абрикосы	3,5...3,7
Апельсины	2,5...2,7
Виноград	3,96...4,25

Продолжение табл. 5

1	2
Бананы	3,96...4,25
Яблоки	2,2...2,6
Груши	2,7...2,9
Сливы	2,2...2,4
Персики	3,5...3,7
Лимоны	2,4...2,7

Таблица 6. Значение коэффициент теплопроводности различных теплоизоляционных материалов

Вид материала	Марка	Плотность, $кг/м^3$	Коэффициент теплопроводности λ , $Вт/м \cdot К$
1	2	3	4
Пенопласт полихлорвиниловый, плиточный	ПХВ-1	80...100	0,040...0,046
Пенопласт полихлорвиниловый, плиточный	ПХВ-2	80...100	0,040...0,046
Пенопласт фенольно-формальдегидовый, плиточный	ФС-7	100	0,058
Пенопласт полиуритановый, плиточный, заливочный или напыляемый	ПУ-101	100	0,03
Пенопласт полиуритановый, плиточный, заливочный или напыляемый	ППУ-3	45...60	0,024
Пенопласт фенольно-формальдегидовый, плиточный	ФФ	170	0,058

Продолжение табл. 6

1	2	3	4
Пенопласт фенольно-формальдегидовый, плиточный	ФК-20	180	0,46...0,06
Пенопласт фенольно-резольный, заливочный	ФРП-1	50...60	0,03...0,04
Фенольно-резольная смола и добавки	ФРП-2	60...150	0,032...0,044
Пенопласт пенополистирольный	ПС-1	200	0,046...0,052
Пенопласт пенополистирольный	ПС-4	60...80	0,046...0,052
Пенополистирольная смола и добавки	ПСБ	20	0,04
Пенополистирольная смола и добавки	ПСБС	20...25	0,032...0,035
Смола полиуритановая и добавки	ППУ-ЗС	100	0,032...0,036
Смола полиуритановая и добавки	ППУ-ЗН	150	0,032...0,038
Смола полиуритановая и добавки	ППУ-9Н	50...70	0,058
Смола полиуритановая и добавки	ППУ-17Н	40...70	0,035
Смола полиуритановая и добавки	ППУ-304Н	40...65	0,046
Смола полиуритановая и добавки	ППУ-Э	35...40	0,058
“РИПОР” плиточный, заливочный или напыляемый	РИПОР	30	0,023
Пробковые плиты экспазит	экспазит	160...180	0,046...0,052
Маты стекловолокнистые	АТИМС-5	100	0,052

Продолжение табл. 6

1	2	3	4
Маты стекловолокну- стые	АТИМС- 10	95	0,052
Маты стекловолокну- стые	АТИМС- 15	90	0,052
Плиты минераловат- ные на синтетической связке	ПМ	125	0,064
Пробковая плита		200...250	0,052...0,058
Альфоль		30	0,035...0,052
Термофоль		30	0,035...0,052
Альфолеум		30	0,035...0,052

Таблица 7. Коэффициенты теплопередачи, Вт/(м²·К)

Вари- ант	Борта K_b	Перегородка			
		с МКО K_{MCO}	с помеще- нием су- довых си- стем K_{CC}	с форпиком и ахтерпи- ком K_{ϕ}	с кофер- даном K_K
1	2	3	4	5	6
1	0,29	0,44	0,39	0,43	0,5
2	0,41	0,48	0,47	0,31	0,45
3	0,46	0,32	0,3	0,38	0,36
4	0,33	0,4	0,48	0,49	0,42
5	0,5	0,29	0,45	0,35	0,31
6	0,45	0,45	0,43	0,44	0,39
7	0,36	0,34	0,31	0,48	0,47
8	0,42	0,31	0,38	0,32	0,3
9	0,31	0,49	0,49	0,45	0,48
10	0,39	0,37	0,35	0,34	0,45
11	0,47	0,29	0,44	0,39	0,43
12	0,3	0,41	0,48	0,47	0,45
13	0,48	0,46	0,32	0,3	0,34
14	0,45	0,33	0,4	0,48	0,31
15	0,43	0,5	0,29	0,45	0,49
16	0,31	0,45	0,45	0,43	0,37

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6
17	0,38	0,36	0,34	0,31	0,45
18	0,49	0,42	0,31	0,38	0,36
19	0,35	0,31	0,49	0,49	0,42
20	0,44	0,39	0,37	0,35	0,31
21	0,48	0,39	0,29	0,44	0,39
22	0,32	0,47	0,41	0,48	0,47
23	0,4	0,3	0,46	0,32	0,3
24	0,29	0,48	0,33	0,4	0,48
25	0,45	0,45	0,5	0,29	0,29
26	0,34	0,43	0,45	0,45	0,41
27	0,31	0,31	0,36	0,34	0,46
28	0,49	0,38	0,42	0,31	0,33
29	0,37	0,49	0,31	0,49	0,5
30	0,29	0,44	0,39	0,43	0,5
31	0,41	0,48	0,47	0,31	0,45
32	0,46	0,32	0,3	0,38	0,36
33	0,33	0,4	0,48	0,49	0,42
34	0,5	0,29	0,45	0,35	0,31
35	0,45	0,45	0,43	0,44	0,39
36	0,36	0,34	0,31	0,48	0,47
37	0,42	0,31	0,38	0,32	0,3
38	0,31	0,49	0,49	0,45	0,48
39	0,39	0,37	0,35	0,34	0,45
40	0,47	0,29	0,44	0,39	0,43
41	0,3	0,41	0,48	0,47	0,45
42	0,48	0,46	0,32	0,3	0,34
43	0,45	0,33	0,4	0,48	0,31
44	0,43	0,5	0,29	0,45	0,49
45	0,31	0,45	0,45	0,43	0,37
46	0,38	0,36	0,34	0,31	0,45
47	0,49	0,42	0,31	0,38	0,36
48	0,35	0,31	0,49	0,49	0,42
49	0,44	0,39	0,37	0,35	0,31
50	0,48	0,39	0,29	0,44	0,39
51	0,32	0,47	0,41	0,48	0,47

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6
52	0,4	0,3	0,46	0,32	0,3
53	0,29	0,48	0,33	0,4	0,48
54	0,45	0,45	0,5	0,29	0,29
55	0,34	0,43	0,45	0,45	0,41
56	0,31	0,31	0,36	0,34	0,46
57	0,49	0,38	0,42	0,31	0,33
58	0,37	0,49	0,31	0,49	0,5
59	0,29	0,44	0,39	0,43	0,5
60	0,41	0,48	0,47	0,31	0,45
61	0,46	0,32	0,3	0,38	0,36
62	0,29	0,44	0,39	0,43	0,5
63	0,41	0,48	0,47	0,31	0,45
64	0,46	0,32	0,3	0,38	0,36
65	0,33	0,4	0,48	0,49	0,42
66	0,5	0,29	0,45	0,35	0,31
67	0,45	0,45	0,43	0,44	0,39
68	0,36	0,34	0,31	0,48	0,47
69	0,42	0,31	0,38	0,32	0,3
70	0,31	0,49	0,49	0,45	0,48
71	0,39	0,37	0,35	0,34	0,45
72	0,47	0,29	0,44	0,39	0,43
73	0,3	0,41	0,48	0,47	0,45
74	0,48	0,46	0,32	0,3	0,34
75	0,45	0,33	0,4	0,48	0,31
76	0,43	0,5	0,29	0,45	0,49
77	0,31	0,45	0,45	0,43	0,37
78	0,49	0,38	0,42	0,31	0,33
79	0,37	0,49	0,31	0,49	0,5
80	0,29	0,44	0,39	0,43	0,5

Таблица 8. Параметры окружающей среды для различных районов плавания судов

Район плавания	Температура, °C		Относительная влажность наружного воздуха φ_n , %
	наружного воздуха t_n	забортовой воды $t_в$	
Центральный и Южный бассейны	28	24	50
Северный и Северо-Западный бассейны	21	19	70
Бассейны рек:			
Оби и Иртыша	25	21	70
Енисея, Ангары, Байкала и Лены	24	19	70
Амура	25	21	70
Каспийское море	30	27	60
Черное море	29	27	60
Азовское море	27	25	60
Балтийское море	22	16	60
Белое море	18	12	60

Таблица 9. Температурный режим перевозки и относительная влажность воздуха

Продукт	Температура воздуха θ , °C	Относительная влажность φ , %	Кратность вентиляционного воздухообмена n
Мясо охлажденное	+1...-1	80...75	2...4
Мясо мороженное	-9...-18	80...85	1...2
Птица охлажденная	+2	75...80	2...4
Рыба охлажденная	+1...-1	90...95	2...4
Рыба мороженная	-9...-18	90...95	1...2
Масло сливочное	-9...-18	80	2...4
Сыр	+1...-1	80...85	2...4
Яйца	-0,5...-1,5	75...80	2...4

Картофель	+3	90...95	2...4
Огурцы свежие	+8...+10	80...85	2...4
Помидоры	+1,5	90...95	2...4
Лук репчатый	-2	75...80	2...4
Морковь	0	90...95	2...4
Свекла	0	90...95	2...4
Капуста	-1...0	90...95	2...4
Абрикосы	-0,5...0	90	2...4
Апельсины	+2...+4	85...90	2...4
Виноград	-1...0	85...90	2...4
Банана	+12	85...95	2...4
Яблоки	-2...+3	90...95	2...4
Груши	-2...+3	85...95	2...4
Сливы	+3	90	2...4
Персики	-1...+1	85...90	2...4
Лимоны	+4	85...90	2...4

Таблица 10. Плотность воздуха в зависимости от температуры

$t, ^\circ C$	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	10
$\rho_0, \text{кг/м}^3$	1,584	1,549	1,515	1,484	1,453	1,424	1,395	1,369	1,342	1,318	1,293	1,247
$t, ^\circ C$	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$\rho_0, \text{кг/м}^3$	1,226	1,205	1,165	1,128	1,093	1,06	1,029	1,000	0,972	0,946	0,922	0,898

Таблица 11. Удельные мощности вентиляторов и рассольных насосов

Подкласс грузов	Вспомогательные механизмы СХУ	
	Вентиляторы воздухоохлаждителей, <i>Вт</i>	Рассольные насосы, <i>Вт</i>
Мороженные	20...32	10...21
Охлажденные	12...17	2...5

Таблица 12. Энтальпии пищевых продуктов при различных температурах, кДж/кг

Продукты	Температура, °С								
	-20	-18	-15	-10	-5	0	5	15	25
Мясо говяжье, птица	0	4,6	13,0	30,2	57,3	232,2	248,5	280,7	313,0
Баранина	0	4,6	12,6	29,8	55,6	224,0	240,1	271,2	301,8
Свинина	0	4,6	12,2	28,9	54,4	211,8	227,1	256,8	287,7
Рыба	0	5,0	14,3	32,7	62,5	249,0	266,5	300,4	334,4
Яйца	0	-	-	-	-	237,0	253,1	284,4	316,2
Масло сливочное	0	3,8	10,1	23,5	40,6	95,0	107,7	155,3	204,2
Сыр	0	-	-	-	5,5	19,7	32,4	61,5	89,6
Мороженое сливочное	0	7,1	19,7	46,9	105,3	227,4	241,8	277,8	311,0
Виноград, абрикосы, вишня	0	7,5	20,6	49,8	116,0	235,8	253,6	289,6	325,5
Фрукты и плоды других видов	0	6,7	17,2	38,5	82,9	271,7	290,3	326,0	365,6

Таблица 13. Использование поршневых холодильных компрессоров

Тип компрессора по степени герметичности и марке	Хладагент					
	R12	Ам-миак	R410А	R407А	R404А	R134А
Безсальниковые 2ФВБС4, 2ФУБС9, 2ФВБС6, 2ФУБС12, 2ФУУБС25, 2ФУУБС18	-	-	+	+	+	+
Сальниковые ФВ6, ФУ12, ФУУ25	+	-	-	-	-	-
Сальниковые ФУ20, ФУ40	-	+	+	+	+	+
Сальниковые 2ФВ22, 22ФУ45, 22ФУУ90	-	+	+	+	+	+
Сальниковые АВ22,	-	+	-	-	-	-

АУ45, АУУ90, АУ200, АУУ400						
-------------------------------	--	--	--	--	--	--

Таблица 14. Основные характеристики компрессоров

Марка компрессора	Показатели				
	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра, мм	Ход поршня, мм	Объем, описываемый поршнями,	Число оборотов ротора в минуту
1	2	3	4	5	6
2ФВБС4	2	67,5	50	20,6	960
2ФВБС6	2	67,5	50	31	1440
2ФУБС9	4	67,5	50	42,2	960
2ФУБС12	4	67,5	50	62	1440
2ФУУБС18	8	67,5	50	82,4	960
2ФУУБС25	8	67,5	50	124	1440
ФВ6	2	67,5	50	31	1440
				20,6	960
ФУ12	4	67,5	50	62	1440
				41,2	960
ФУУ25	8	67,5	50	124	1440
				82,4	960
ФВ20	2	101,6	70	89	1440
				65	960
ФУ40	4	101,6	70	195,5	1440
				130,5	960
ФУУ80	8	101,6	70	391	1440
				261	960
2ФВ22	2	81,8	70	64	1440
				42,5	960
22ФУ45	4	81,8	70	128	1440
				85	960

22ΦУУ90	8	81,8	70	256	1440
				170	960
АВ22	2	81,88	70	64	1440
				42,5	960
АУ45	4	81,88	70	128	1440
				85	960
АУУ90	8	81,88	70	256	1440
				170	960
АУ200	2	150	130	258	980
				397	740
АУУ400	4	150	130	1056	985
				794	735

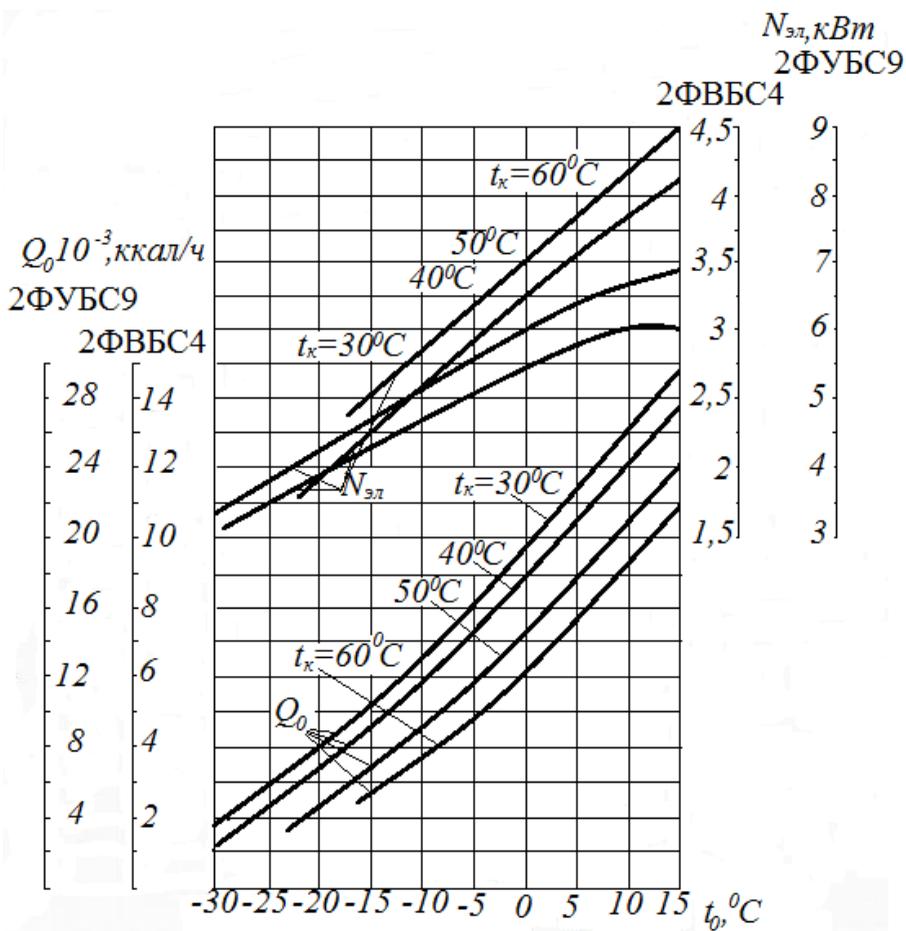


Рис. 6. График для компрессора 2ФВБС4, 2ФУБС9

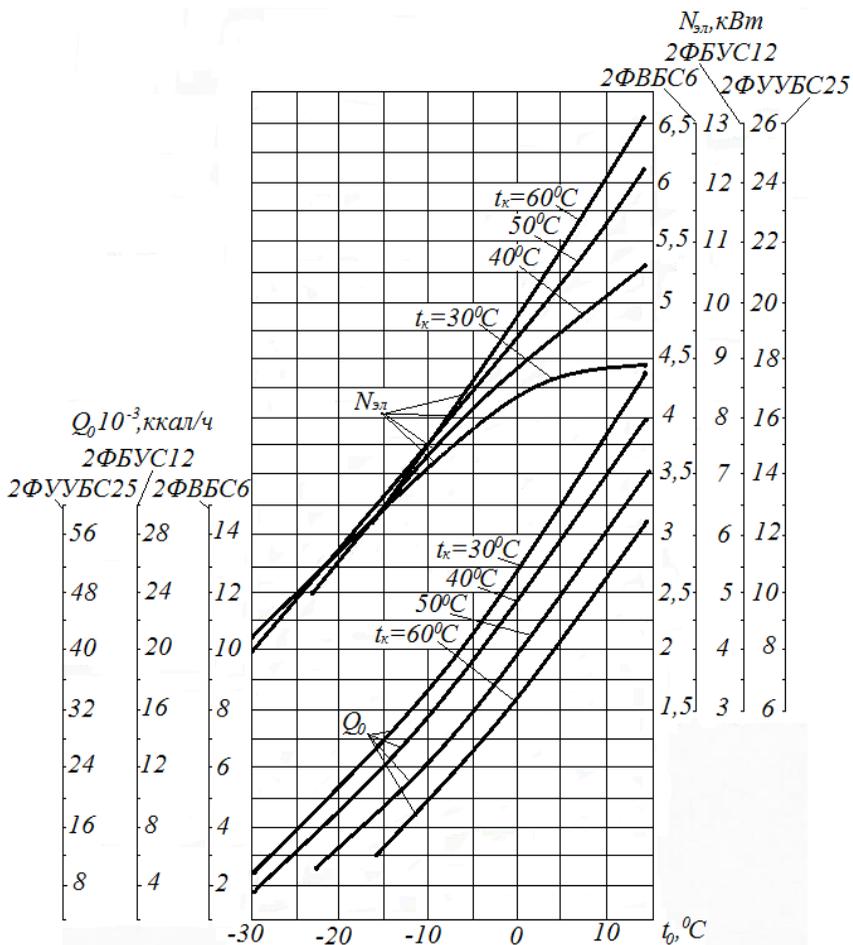


Рис. 7. График для компрессора 2ФВБС6, 2ФУБС12, 2ФУУБС25

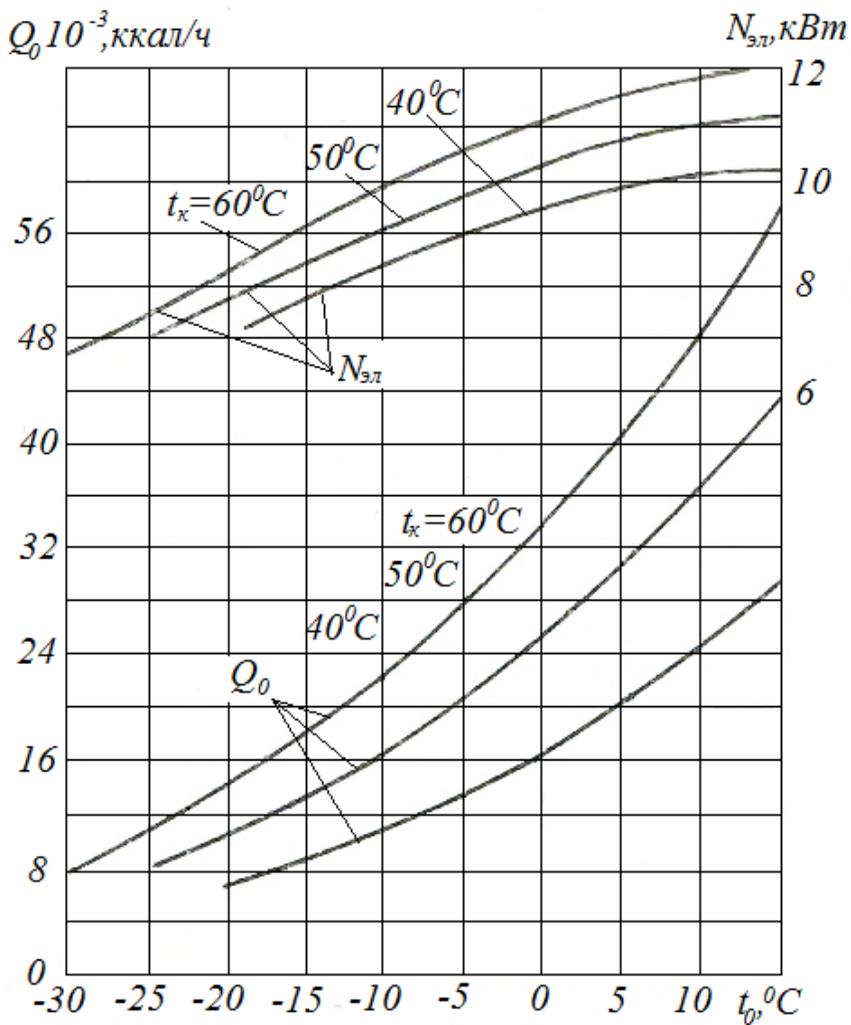


Рис. 8. График для компрессора 2ФУУБС18

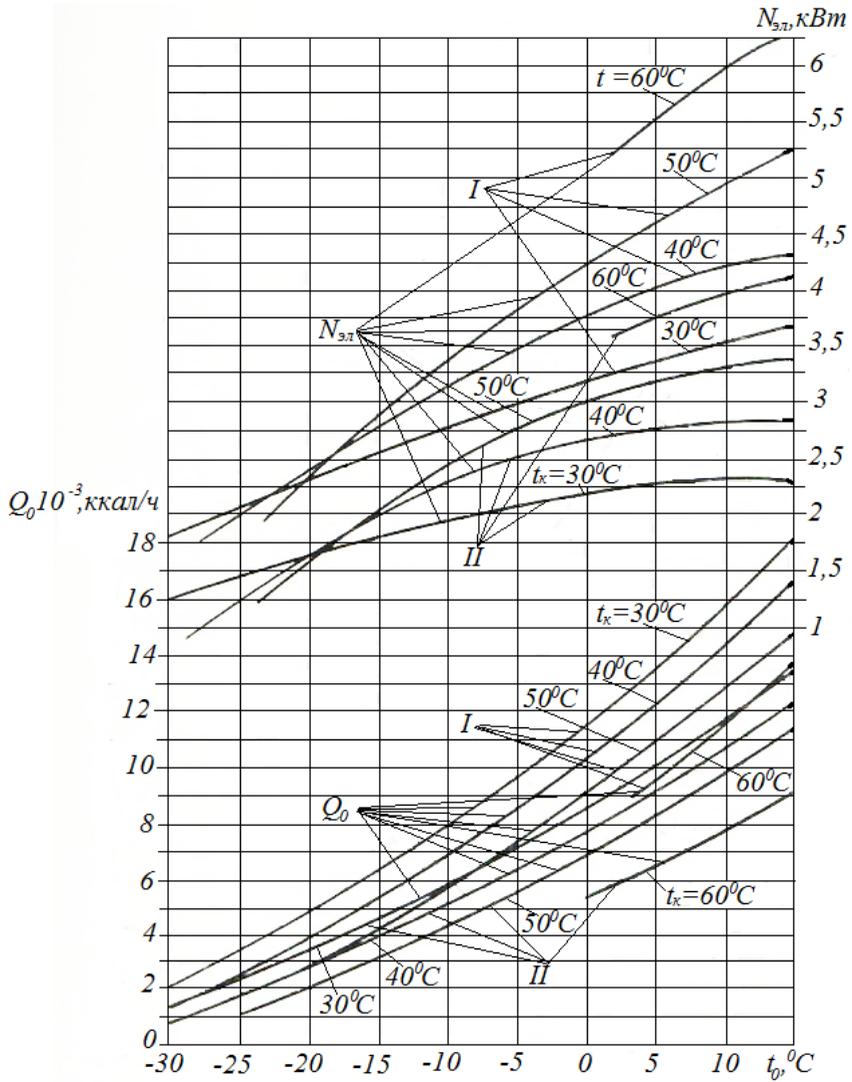


Рис. 9. График для компрессора ФВ6
 I-1440об/мин, II- 960об/мин (хладон 12)

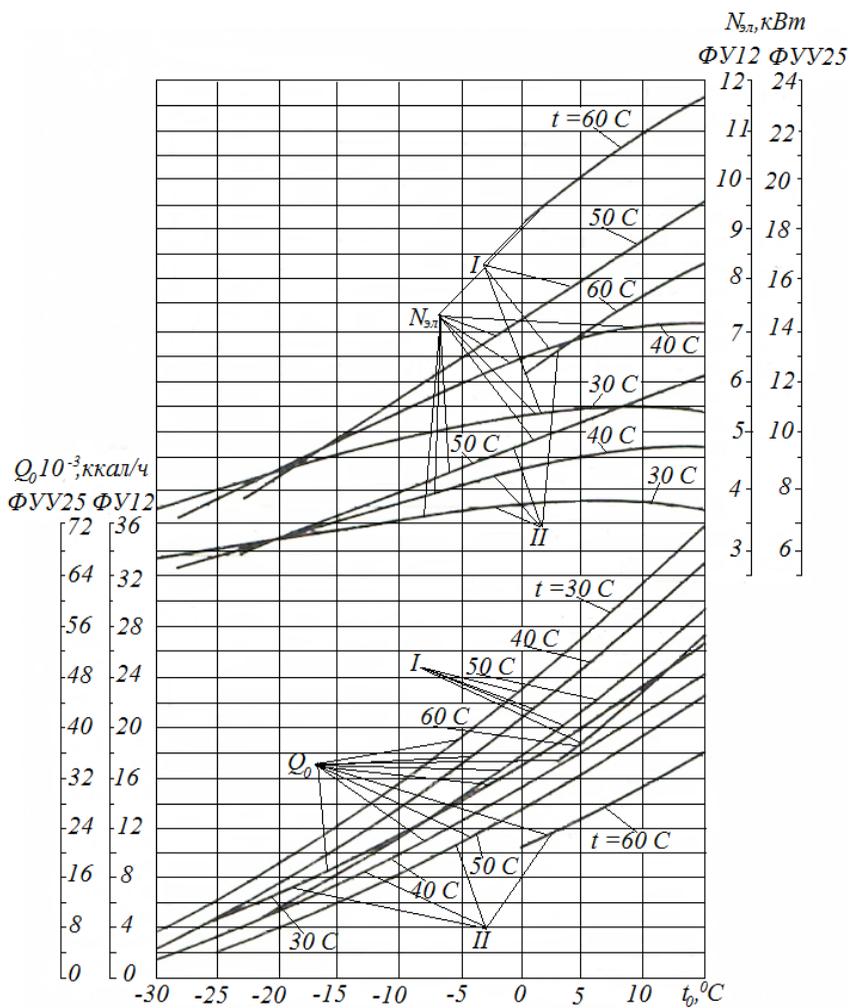


Рис. 10. График для компрессора ФУ12, ФУУ25
I-1440об/мин, II- 960об/мин (хладон 12)

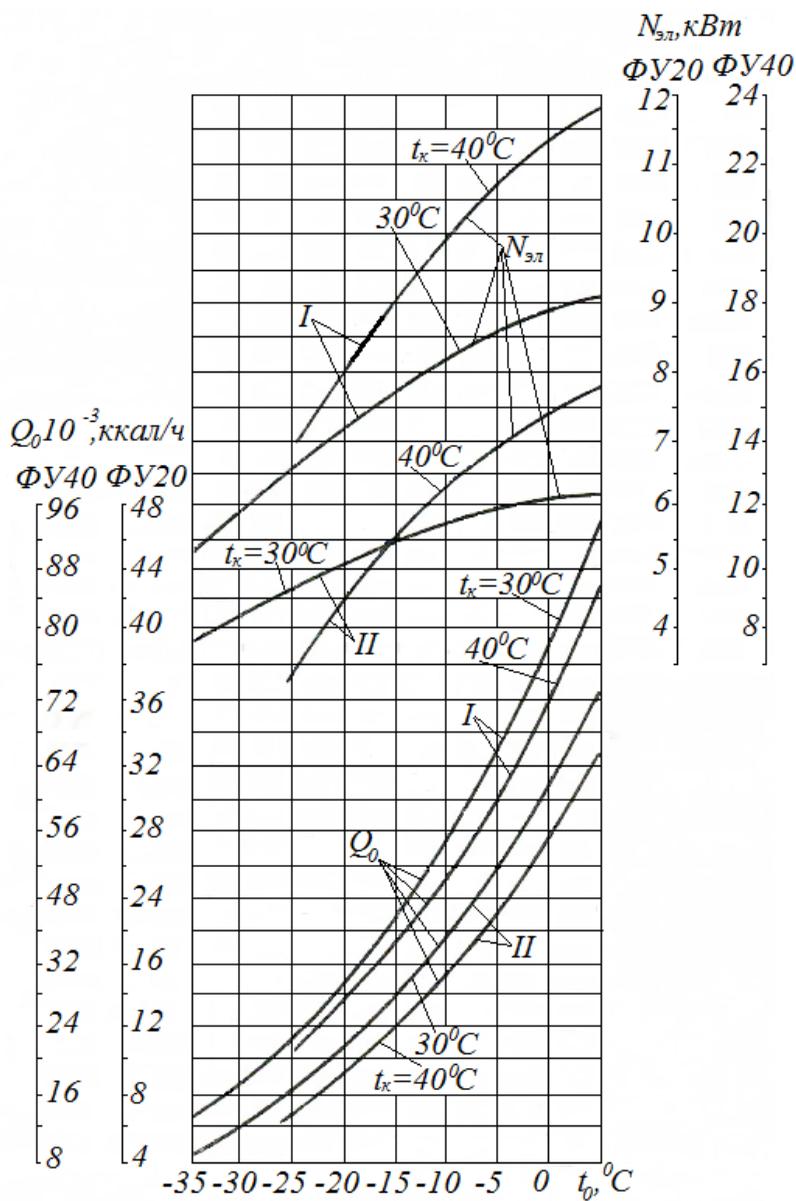


Рис. 11. График для компрессора ФУ20, ФУ40
960об/мин

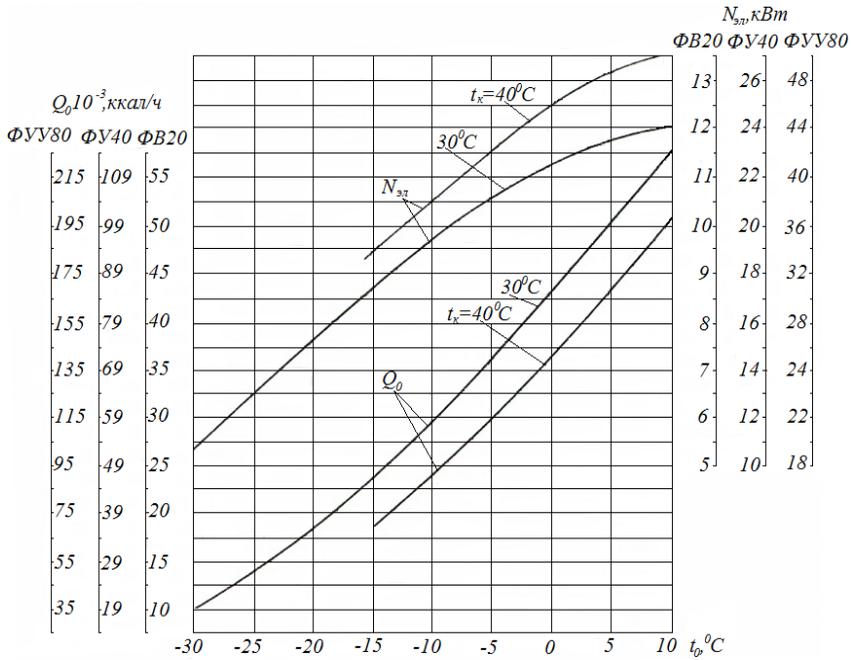


Рис. 12. График для компрессора 2ФВ22, 22ФУ45, 22ФУУ90
I-1440об/мин, II- 960об/мин

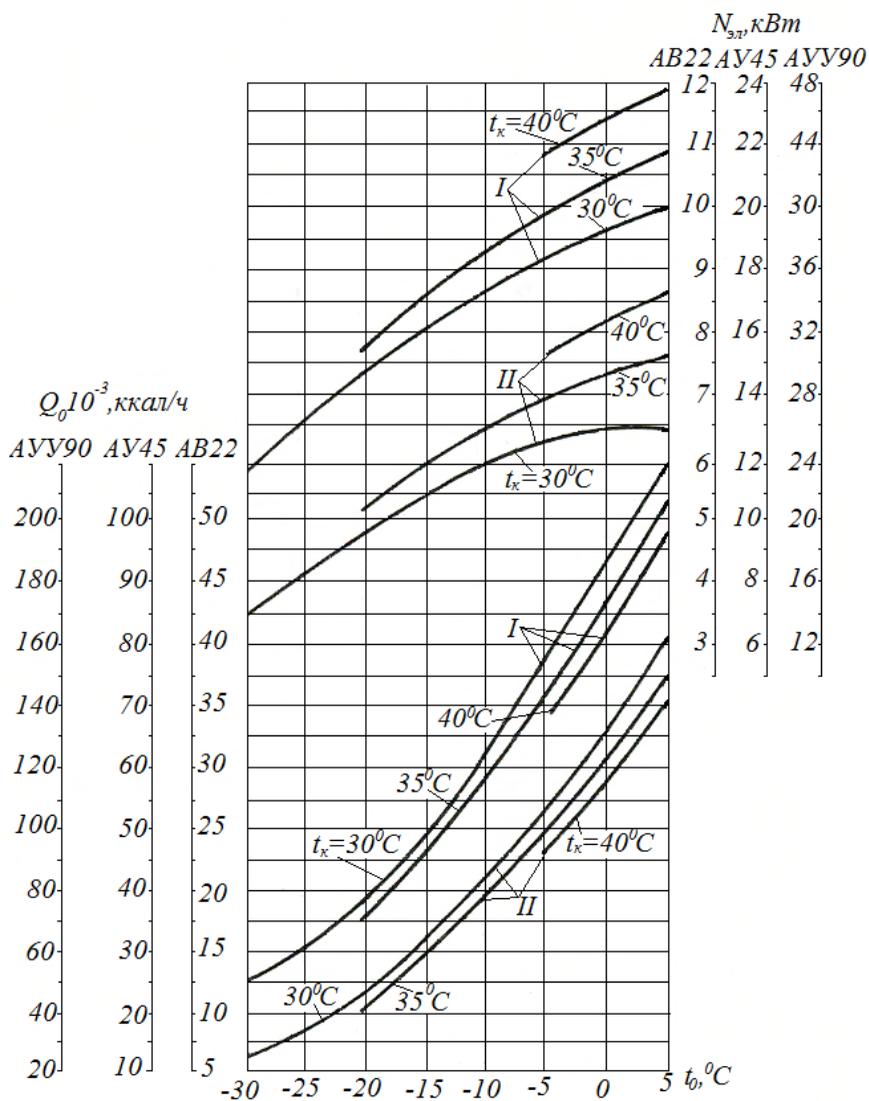


Рис. 13. График для компрессора АВ22, АУ45, АУ90
 I-1440об/мин, II- 960об/мин

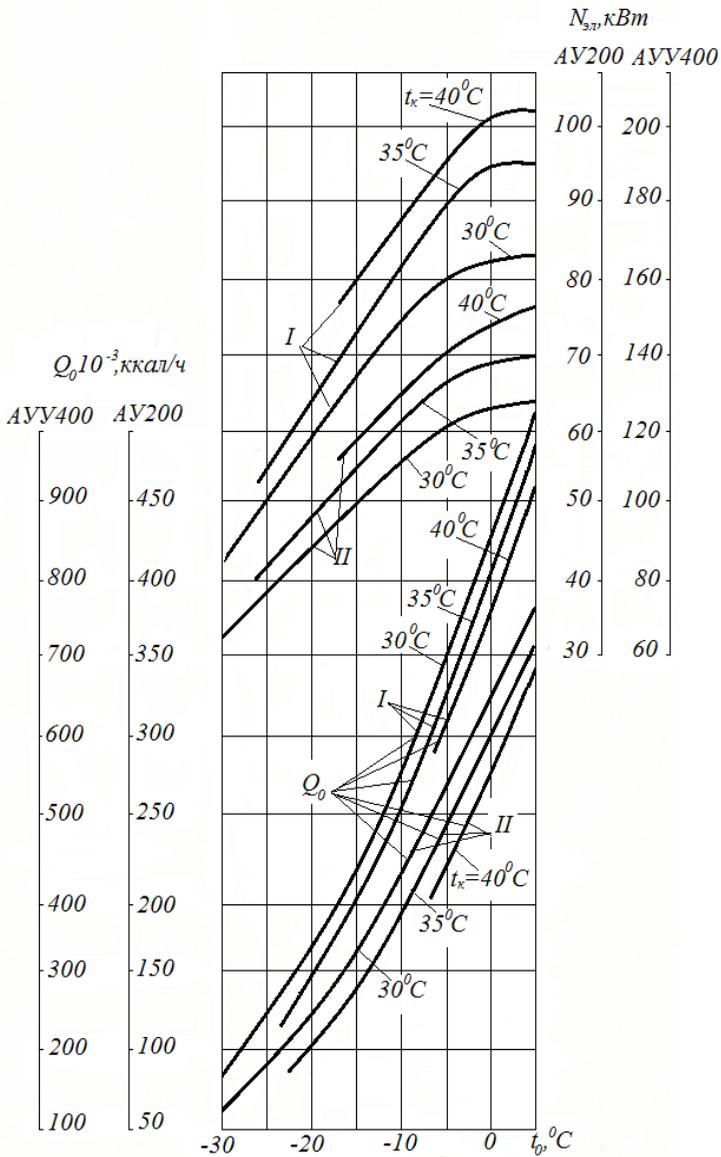


Рис. 14. График для компрессора АУ200, АУ400
 I-960об/мин, II- 720об/мин

Таблица 15. Основные технические данные горизонтальных кожухотрубных конденсаторов

Конденсатор	Площадь наружной поверхности теплообмена, м ²	Размеры, мм	
		диаметр	длина
КТГ-25	25	500	2910
КТГ-32	32	500	3410
КТГ-40	40	500	4410
КТГ-50	50	600	3510
КТГ-63	63	600	4510
КТГ-80	80	600	5510
КТГ-125	125	800	4650
КТГ-160	160	800	5650
КТГ-200	200	1000	4750
КТГ-250	250	1000	5760
КТГ-315	315	1200	5850
КТГ-400	400	1200	6800

Таблица 16. Основные технические данные испарителей

Марка испарителя	Площадь теплообмена, м ²	Размеры кожуха, мм	
		Диаметр	Длина
1	2	3	4
32ИКТ	32	500	4520
40ИКТ	40	600	3580
50ИКТ	50	600	4580
65ИКТ	65	600	5580
90ИКТ	90	800	4670
110ИКТ	110	800	5670
140ИКТ	140	1000	4800
180ИКТ	180	1000	5800
250ИКТ	250	1200	5920
300ИКТ	300	1200	6920
ИП 05-0.8	0.77	280	500
ИП 07-1.9	1.93	280	700
ИП 06-3.2	3.21	280	600
ИП 05-2.7	2.74	180	500
ИП 05-1.5	1.5	180	500

Продолжение табл.16

1	2	3	4
ИП 12-7.3	7.29	180	1150
ИП 17-5.8	5.83	180	1650
ИП 10-6.7	6.69	140	1000
ИП 19-6.8	6.76	180	1900
ИП 16-12.7	12.72	320	1600
ИП 18-24.8	24.8	640	1750

Таблица 17. Основные технические данные низкотемпературных воздухоохладителей

Модель	Холодо-производительность, кВт	Площадь, м ²	Размеры, мм		
			Длина	Ширина	Высота
1	2	3	4	5	6
ВН311С85Н	1,5	5,9	680	603	587
ВН311Е85Н	2,0	8,8	680	603	587
ВН312С85Н	3,0	11,7	1090	603	587
ВН312Е85Н	4,1	17,6	1090	603	587
ВН313С85Н	4,5	17,7	1500	603	587
ВН313Е85Н	6,1	26,5	1500	603	587
ВН314С85Н	6,0	23,5	1910	603	587
ВН314Е85Н	8,2	35,3	1910	603	587
ВН351Е85Н	3,0	12,8	780	674	657
ВН351Г85Н	3,6	17,1	780	674	657
ВН352Е85Н	6	25,6	1290	674	657
ВН352Г85Н	7,2	34,1	1290	674	657
ВН353Е85Н	8,3	38,4	1800	674	657
ВН353Г85Н	10,6	51,2	1800	674	657
ВН354Е85Н	12	51,2	2310	674	657
ВН354Г85Н	14,5	68,2	2310	674	657
ВН451Е85Н	5,9	25	1060	674	866
ВН451Г85Н	7,11	33,	1060	674	866
ВН452Е85Н	11,8	50,2	1760	674	866
ВН452Г85Н	14,5	67	1760	674	866
ВН453Е85Н	17,6	75,2	2460	674	866

Продолжение табл. 17

1	2	3	4	5	6
BH453G85H	21,9	100,3	2460	674	866
BH454E85H	23,6	100,2	3160	674	866
BH454G85H	27,7	133,6	3160	674	866
BH501E85H	9,3	34,8	1210	710	1000
BH501G85H	11,5	46,4	1210	710	1000
BH502E85H	19,0	71,6	2060	710	1000
BH502G85H	23,4	95,4	2060	710	1000
BH503E85H	28,6	108,2	2910	710	1000
BH503G85H	33,7	144,3	2910	710	1000
BH504E85H	36,3	144,8	3760	710	1000
BH504G85H	40,5	193,1	3760	710	1000
BH505E85H	42,0	181	4610	710	1000
BH505G85H	44,1	242	4610	710	1000

Таблица 18. Основные технические данные среднетемпературных воздухоохладителей

Модель	Холод- производи- тельность, кВт	Пло- щадь, м ²	Размеры, мм		
			Длина	Ширина	Высота
1	2	3	4	5	6
BC311C60H	2,8	8	680	603	587
BC311D60H	3,2	10	680	603	587
BC312C60H	5,6	16	1090	603	587
BC312D60H	6,5	20,	1090	603	587
BC313C60H	8,4	24	1500	603	587
BC313D60H	9,7	30	1500	603	587
BC314C60H	11,2	32	1910	603	587
BC314D60H	13,0	40	1910	603	587
BC351D60H	4,8	14,5	780	674	657
BC351E60H	5,3	17,4	780	674	657
BC352D60H	9,6	29	1290	674	657
BC352E60H	10,7	34,8	1290	674	657
BC353D60H	14,7	43,6	1800	674	657
BC353E60H	16,4	52,3	1800	674	657
BC354D60H	19,3	58,1	2310	674	657

Продолжение табл. 18

1	2	3	4	5	6
BC354E60H	21,7	69,7	2310	674	657
BC401D60H	6,5	19,5	960	674	726
BC401E60H	7,5	23,4	960	674	726
BC402D60H	13,1	39	1560	674	726
BC402E60H	15	46,9	1560	674	726
BC403D60H	20	58,6	2160	674	726
BC403E60H	22,1	70,3	2160	674	726
BC404D60H	26,5	78,1	2760	674	726
BC404E60H	30,2	93,7	2760	674	726
BC451D60H	9,5	28,5	1060	674	866
BC451E60H	10,8	34,3	1060	674	866
BC452D60H	19,1	56,9	1760	674	866
BC452E60H	21,7	68,2	1760	674	866
BC453D60H	28,4	85,4	2460	674	866
BC453E60H	32,3	102,5	2460	674	866
BC454D60H	38,9	113,9	3160	674	866
BC454E60H	44	136,7	3160	674	866
BC501D60H	15,0	39,6	1210	710	1000
BC501E60H	17,1	47,5	1210	710	1000
BC502D60H	30,7	81,3	2060	710	1000
BC502E60H	34,8	97,6	2060	710	1000
BC503D60H	46,5	123,0	2910	710	1000
BC503E60H	52,9	147,6	2910	710	1000
BC504D60H	60,9	164,6	3760	710	1000
BC504E60H	69,4	197,6	3760	710	1000
BC505E60H	82,0	247,6	4610	710	1000

Таблица 19. Основные технические данные высокотемпературных воздухоохладителей

Модель	Холод- попроизводи- тельность, кВт	Пло- щадь, м ²	Размеры, мм		
			Длина	Ширина	Высота
1	2	3	4	5	6
BB311C45H	3,12	10,4	680	603	587
BB311D45H	3,70	13	680	603	587
BB312C45H	6,57	20,8	1090	603	587
BB312D45H	7,63	26	1090	603	587
BB313C45H	10,00	31,2	1500	603	587
BB313D45H	11,44	39	1500	603	587
BB314C45H	13,34	41,6	1910	603	587
BB314D45H	15,32	52	1910	603	587
BB351D45H	5,5	18,8	780	674	657
BB351E45H	6,0	22,6	780	674	657
BB352D45H	11,1	37,8	1290	674	657
BB352E45H	12,1	45,4	1290	674	657
BB353D45H	16,8	56,7	1800	674	657
BB353E45H	18,7	68	1800	674	657
BB354D45H	22,3	75,5	2310	674	657
BB354E45H	24,6	90,6	2310	674	657
BB401D45H	7,6	25,3	960	674	726
BB401E45H	8,4	30,4	960	674	726
BB402D45H	15,2	50,9	1560	674	726
BB402E45H	16,8	61	1560	674	726
BB403D45H	23,1	76,2	2160	674	726
BB403E45H	25	91,4	2160	674	726
BB404D45H	30,8	101,5	2760	674	726
BB404E45H	34	121,9	2760	674	726
BB451D45H	10,9	37,1	1060	674	866
BB451E45H	12,3	44,6	1060	674	866
BB452D45H	21,8	74,1	1760	674	866
BB452E45H	24,6	88,9	1760	674	866
BB453D45H	32,6	111,2	2460	674	866
BB453E45H	36,8	133,4	2460	674	866
BB454D45H	44,5	148,1	3160	674	866

Продолжение табл. 19

1	2	3	4	5	6
BB454E45H	50	177,7	3160	674	866
BB501D45H	17,3	51,5	1210	710	1000
BB501E45H	19,7	61,8	1210	710	1000
BB502D45H	35,6	106,0	2060	710	1000
BB502E45H	40,0	127,1	2060	710	1000
BB503D45H	53,8	160,2	2910	710	1000
BB503E45H	60,8	192,2	2910	710	1000
BB504D45H	70,6	214,5	3760	710	1000
BB504E45H	80,1	257,3	3760	710	1000
BB505D45H	82,5	269,5	4610	710	1000
BB505E45H	95,0	322,5	4610	710	1000

Таблица 20. Основные технические данные насосов

Модель	Подача, м ³ /ч	Напор, м	Частота вращения, об/мин	Потребляемая электрическая мощность, кВт
1	2	3	4	5
К 8/18	8	18,00	2900	1,20
К 8/18м	12,5	20,00	2900	1,80
К 20/30	20	30,00	2900	3,50
К 20/30м	25	32,00	2900	4,20
К 45/30	45	32,00	2900	6,50
К 45/30а	35	25,00	2900	5,00
1K50-32-125м	12,5	22,00	2900	1,80
1K50-32-125	12,5	20,00	2900	1,60
1K50-32-125а	12,5	18,00	2900	1,40
1K50-32-125б	10	16,00	2900	1,10
1K65-50-160	25	32,00	2900	4,20
1K65-50-160а	19	31,00	2900	3,80
1K65-50-160б	19	25,00	2900	3,00
1K80-65-160м	50	35,00	2900	11,20
1K80-65-160	50	35,00	2900	9,10
1K80-65-160а	45	30,00	2900	6,50
1K80-50-200м	50	58,00	2900	16,00

Продолжение табл.20

1	2	3	4	5
1K80-50-200	50	50,00	2900	15,00
1K80-50-200a	45	50,00	2900	12,00
1K80-50-200б	40	35,00	2900	10,00
1K100-80-160	100	34,00	2900	14,00
1K100-80-160a	90	28,00	2900	12,00
1K100-80-160б	80	22,50	2900	10,00
1K100-65-200м	100	55,00	2900	25,00
1K100-65-200	100	50,00	2900	22,50
1K100-65-200a	90	45,00	2900	18,00
1K100-65-200б	90	40,00	2900	15,00
1K100-65-250м	100	90,00	2900	47,00
1K100-65-250	100	80,00	2900	40,00
1K100-65-250a	80	70,00	2900	33,00
1K100-65-250б	80	60,00	2900	22,50
1K150-125-315	200	32,00	2900	30,00
1K150-125-315a	200	25,00	2900	22,50
1K150-125-315б	200	20,00	2900	18,50
1K8/18	8	18,00	2900	1,20
1K8/18a	8	15,00	2900	0,80
1K20/30м	25	32,00	2900	4,20
1K20/30	20	30,00	2900	3,50
1K20/30a	20	25,00	2900	2,10
1K20/30б	15	20,00	2900	1,50
2K80-65-160м	50	38,00	2900	9,50
2K80-65-160	50	35,00	2900	9,10
2K80-65-160a	45	30,00	2900	6,500
2K100-80-160	100	34,00	2900	14,00
2K100-80-160a	90	28,00	2900	11,00
2K100-80-160б	80	23,00	2900	9,00

Образец титульного листа ПЗ

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Волжский государственный университет водного транспорта»

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок

Проектирование холодильной установки рефрижераторного судна

Пояснительная записка курсовой работы

Разработал студент: подпись Н.Н. Петров

Руководитель проекта: подпись Н.Н. Сидоров

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Оглавление

Введение	
1.Выбор исходных данных для выполнения курсовой работы.	4
2.Расчет осадки судна	5
3.Расчет тепловой изоляции подволока трюма	6
4.Расчет холодопроизводительности СХУ	11
4.1.Теплоприток через внешние ограждения	11
4.2.Теплоприток с вентиляционным воздухом	14
4.3.Теплоприток от работающих механизмов	15
4.4.Теплоприток с грузом, поступившим на судно	15
4.5.Потребная холодопроизводительность охлаждающих приборов и компрессоров.	16
5.Система охлаждения и способ холодоснабжения трюмов, принципиальная блок-схема СХУ, расчет теоретического цикла холодильной машины.	17
5.1.Система охлаждения и способ холодоснабжения трюмов.	17
5.2.Принципиальная блок-схема СХУ.	17
5.3.Расчет теоретического цикла холодильной машины.	17
6.Основное оборудование СХУ	21
6.1.Холодильные компрессоры	21
6.2.Теплообменные аппараты	23
6.2.1.Конденсаторы	24
6.2.2.Рассольные испарители	24
6.2.3.Воздухоохладители	24
6.2.4.Охлаждающие батареи	25
6.3.Насос забортной воды	26
6.4.Насос для рассола	26
6.5.Вентилятор	27
6.6.Энергоемкость и электродвигатели СХУ	27
Библиографический список	28
Приложение 1.	29
Приложение 2.	64



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 1

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Способы получения холода. Характеристика ледяного и льдосоляного охлаждения. Охлаждение «сухим» льдом. Причина отказа от этих способов в судовых условиях.

2. Испарители для охлаждения воды и рассола. Расчет и подбор испарителей и рассольных насосов.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 2

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Холодопотребность речного судна и холодопроизводительность его холодильной установки.

2. Системы воздушного охлаждения. Типы воздухоохлаждителей и основы их расчета. Подбор воздухоохлаждителей и вентиляторов к ним.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 3

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Назначение и специфические особенности тепловой изоляции судовых охлаждаемых помещений. Конструктивные схемы выполнения судовой теплоизоляции и требования к ней.

2. Задачи автоматизации СХУ. Схемы автоматического регулирования установок с одним и несколькими охлаждаемыми объектами.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 4

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Требования к материалам для тепловой изоляции судовых помещений. Характеристика основных теплоизоляционных материалов.

2. Влияние масла, воды, воздуха и загрязнений на работу холодильной машины. Масла для ПКХМ.осушители хладагентов.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 5

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Основные методы расчета судовой теплоизоляции. Определение оптимальной толщины изоляционных конструкций.

2. Задачи автоматизации СХУ. Схемы автоматического регулирования установок с одним и несколькими охлаждаемыми объектами.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 6

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Расчет изоляционных конструкций методом зон, параллельных тепловому потоку.

2. Приборы управления и защиты холодильных установок. Конструкция и регулировка реле-датчиков давления и реле-датчиков температуры.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 7

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Расчет изоляционных конструкций методом круговых потоков теплоты.

2. Задачи кондиционирования воздуха на судах. Классификация СКВ по назначению и сезону работы. Нормирование параметров воздуха в помещениях. Результирующая температура.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 8

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Расчет изоляционных конструкций методом ЭТА.

2. Холодопроизводительность судовой СКВ. Определение подачи приточного и наружного воздуха, подаваемого в помещения. Рециркуляция воздуха в судовых системах кондиционирования. Полное и неполное кондиционирование.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 9

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Способы получения холода. Характеристика ледяного и льдосоляного охлаждения. Охлаждение «сухим» льдом. Причина отказа от этих способов в судовых условиях.

2. Классификация СКВ по скорости воздуха и напору вентиляторов, холодо- и теплоснабжению.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 10

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Машинное охлаждение. Холодильный коэффициент. Схема и холодильный коэффициент обратного цикла Карно. Классификация холодильных машин по хладагенту и виду затрачиваемой энергии.

2. Схемы тепловлажностной обработки воздуха при кондиционировании. Способы распределения воздуха в судовых помещениях.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 11

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Рабочие вещества холодильных машин. Требования к хладагентам. Система условных обозначений хладагентов. Характеристика R 717.

2. Одноканальная, центральная СКВ с рециркуляцией.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 12

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Основные хладагенты холодильных машин речных судов. Хладодоны. Характеристика R 12 и R 22. Азеатропные смеси (R 502). Экологические вопросы применения хладодонов, R 134a и R 125.

2. Одноканальная центрально-групповая СКВ с зонными подогревателями.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 13

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Парокомпрессионная холодильная машина (ПКХМ). Схема и наиболее экономичный теоретический цикл.

2. Одноканальная центрально-местная СКВ.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 14

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. ПКХМ с дроссельным клапаном. «Влажный» и «сухой» ход компрессора в ПКХМ. Замена «влажного» хода «сухим».

2. Двухканальная, центральная СКВ с рециркуляцией.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 15

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Переохлаждение холодильного агента в ПКХМ, его значение и способы осуществления. Теоретический цикл с регенерацией теплоты.

2. Двухканальная центральная СКВ с магистральными воздухонагревателями.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 16

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Тепловая диаграмма h - lqP . Изображение теоретических циклов ПКХМ в этой диаграмме. Расчет теоретического цикла ПКХМ.

2. Влияние масла, воды, воздуха и загрязнений на работу холодильной машины. Масло для ПКХМ. Маслоотделители.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 17

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы поршневого холодильного компрессора. Коэффициент подачи и КПД компрессора.

2. Влияние масла, воды, воздуха и загрязнений на работу холодильной машины. Масла для ПКХМ.осушители хладагентов.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 18

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Винтовые холодильные компрессоры (ВХК). Принцип действия и особенности конструкции. Индикаторная диаграмма, рабочие коэффициенты, технико-экономическая характеристика и область применения ВХК.

2. Приборы управления и защиты холодильных установок. Конструкция и регулировка реле-датчиков давления и реле-датчиков температуры.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 19

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Сравнительные режимы работы холодильных машин. Пересчет холодопроизводительности компрессоров из одного режима в другой. Графические характеристики холодильных компрессоров.

2. Тепловой насос (ТН), схема и теоретический цикл. Перспективы использования ТН в установках круглогодичного кондиционирования воздуха на судах.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 20

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Определение основных параметров и потребляемой мощности компрессора. Подбор компрессора.

2. Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы поршневого холодильного компрессора. Коэффициент подачи и КПД компрессора.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 21

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Классификация и устройство поршневых холодильных компрессоров, их маркировка. Регулирование холодопроизводительности компрессоров.

2. Тепловой насос (ТН), схема и теоретический цикл. Перспективы использования ТН в установках круглогодичного кондиционирования воздуха на судах.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 22

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Типы конденсаторов, применяемых в судовых холодильных машинах. Расчет и подбор конденсаторов и водяных насосов для них.

2. Основные требования к материалам, используемым в холодильном машиностроении. Особенности монтажа и ремонта холодильных машин, эксплуатирующихся на аммиаке и хладонах. Требования РРР к размещению холодильного оборудования на судах.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 23

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Дросселирующие (регулирующие) устройства судовых холодильных машин. Терморегулирующие клапаны и капиллярные трубки.

2. Основные требования техники безопасности при проектировании и эксплуатации СХУ на R 22 и R 717. Перевод холодильных машин с одного холодильного агента на другой.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 24

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Системы охлаждения судовых помещений. Схемы и сравнительная характеристика батарейных систем охлаждения (непосредственного и рассольного). Выбор рассола. Расчет рассольных батарей.

2. Классификация и устройство поршневых холодильных компрессоров, их маркировка. Регулирование холодопроизводительности компрессоров.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 25

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Способы получения холода. Характеристика ледяного и льдосоляного охлаждения. Охлаждение «сухим» льдом. Причина отказа от этих способов в судовых условиях.

2. Классификация СКВ по скорости воздуха и напору вентиляторов, холодо- и теплоснабжению.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 26

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Машинное охлаждение. Холодильный коэффициент. Схема и холодильный коэффициент обратного цикла Карно. Классификация холодильных машин по хладагенту и виду затрачиваемой энергии.

2. Схемы тепловлажностной обработки воздуха при кондиционировании. Способы распределения воздуха в судовых помещениях.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 27

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Рабочие вещества холодильных машин. Требования к хладагентам. Система условных обозначений хладагентов. Характеристика R 717.

2. Одноканальная, центральная СКВ с рециркуляцией.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 28

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Основные хладагенты холодильных машин речных судов. Хладодоны. Характеристика R 12 и R 22. Азеатропные смеси (R 502). Экологические вопросы применения хладодонов, R 134a и R 125.

2. Одноканальная центрально-групповая СКВ с зонными подогревателями.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 29

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Способы получения холода. Характеристика ледяного и льдосоляного охлаждения. Охлаждение «сухим» льдом. Причина отказа от этих способов в судовых условиях.

2. Классификация СКВ по скорости воздуха и напору вентиляторов, холодо- и теплоснабжению.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 30

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Машинное охлаждение. Холодильный коэффициент. Схема и холодильный коэффициент обратного цикла Карно. Классификация холодильных машин по хладагенту и виду затрачиваемой энергии.

2. Схемы тепловлажностной обработки воздуха при кондиционировании. Способы распределения воздуха в судовых помещениях.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 31

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Рабочие вещества холодильных машин. Требования к хладагентам. Система условных обозначений хладагентов. Характеристика R 717.

2. Одноканальная, центральная СКВ с рециркуляцией.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 32

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Основные хладагенты холодильных машин речных судов. Хладодоны. Характеристика R 12 и R 22. Азеатропные смеси (R 502). Экологические вопросы применения хладодонов, R 134a и R 125.

2. Одноканальная центрально-групповая СКВ с зонными подогревателями.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 33

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Парокомпрессионная холодильная машина (ПКХМ). Схема и наиболее экономичный теоретический цикл.

2. Одноканальная центрально-местная СКВ.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 34

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. ПКХМ с дроссельным клапаном. «Влажный» и «сухой» ход компрессора в ПКХМ. Замена «влажного» хода «сухим».

2. Двухканальная, центральная СКВ с рециркуляцией.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 35

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Переохлаждение холодильного агента в ПКХМ, его значение и способы осуществления. Теоретический цикл с регенерацией теплоты.

2. Двухканальная центральная СКВ с магистральными воздухонагревателями.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 36

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Тепловая диаграмма h - lqP . Изображение теоретических циклов ПКХМ в этой диаграмме. Расчет теоретического цикла ПКХМ.

2. Влияние масла, воды, воздуха и загрязнений на работу холодильной машины. Масло для ПКХМ. Маслоотделители.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)**

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 37

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы поршневого холодильного компрессора. Коэффициент подачи и КПД компрессора.

2. Влияние масла, воды, воздуха и загрязнений на работу холодильной машины. Масла для ПКХМ.осушители хладагентов.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 38

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Винтовые холодильные компрессоры (ВХК). Принцип действия и особенности конструкции. Индикаторная диаграмма, рабочие коэффициенты, технико-экономическая характеристика и область применения ВХК.

2. Приборы управления и защиты холодильных установок. Конструкция и регулировка реле-датчиков давления и реле-датчиков температуры.

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего про-
фессионального образования
«Волжский государственный университет
водного транспорта»
(ФГБОУ ВПО «ВГУВТ»)

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 39

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Сравнительные режимы работы холодильных машин. Пересчет холодопроизводительности компрессоров из одного режима в другой. Графические характеристики холодильных компрессоров.

2. Тепловой насос (ТН), схема и теоретический цикл. Перспективы использования ТН в установках круглогодичного кондиционирования воздуха на судах.

Ю.И. Матвеев

Кафедра ЭСЭУ

VII семестр IV курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 40

по дисциплине

Судовые холодильные установки и СКВ

1. Определение основных параметров и потребляемой мощности компрессора. Подбор компрессора.

2. Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы поршневого холодильного компрессора. Коэффициент подачи и КПД компрессора.

Ю.И. Матвеев