



Федеральное агентство по рыболовству  
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»  
Калининградский морской рыбопромышленный колледж

Утверждаю  
Заместитель начальника колледжа  
по учебно-методической работе  
А.И.Колесниченко

**ПМ.01 ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ,  
ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Методическое указание по курсовой работе по специальности

**15.02.06 Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт холодильно-компрессорных  
и теплонасосных машин и установок (по отраслям)**

**МО–15 02 06-МДК 01.01.КР**

РАЗРАБОТЧИК  
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ

Гродник Д.В.  
Никишин М.Ю.

ГОД РАЗРАБОТКИ

2025

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.2/52

Методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой производственного модуля «Ведение процессов по технической эксплуатации, обслуживанию и ремонту холодильного оборудования» для специальности 15.02.06 «Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт холодильно-компрессорных машин и теплонасосных установок (по отраслям)». Время, отведенное рабочей программой на курсовое проектирование в рамках аудиторных занятий, составляет 30 учебных часов.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.3/52

## Содержание

Введение.....	4
Общая характеристика, назначение и применение холодильной установки. Компетенции профессиональной деятельности.....	4
1. Расчет строительно-изоляционных конструкций.....	7
1.1 Общие требования по размещению холодильного оборудования и груза на судне. Определение размеров трюмов и их планировка.....	7
1.2 Изображение и размеры судовой теплоизоляционной конструкции.....	10
1.3 Расчет коэффициента теплоизоляции $K_{из}$ .....	12
2. Тепловой расчет.....	14
2.1 Определение теплопритоков в трюма.....	14
2.2 Сводная таблица теплопритоков и определение холодопроизводительности на компрессор.....	19
3. Расчет цикла холодильной машины.....	21
3.1 Построение и расчет цикла холодильной машины и определение параметров точек цикла.....	21
4. Расчет и подбор холодильного оборудования.....	28
4.1 Расчет и подбор компрессоров.....	28
4.2 Расчет и подбор теплообменных аппаратов.....	36
4.3 Расчет и подбор вспомогательного оборудования.....	41
4.4 Сводная таблица холодильного оборудования.....	44
5. Организация технической эксплуатации и обслуживания судовой холодильной установки.....	46
5.1 Требования по технической эксплуатации и обслуживанию холодильного оборудования.....	46
5.2 Обязанности обслуживающего персонала при техничекой эксплуатации и обслуживании холодильного оборудования.....	46
5.3 Подготовка к пуску, пуск и остановка судовой холодильной установки.....	46
5.4 Техника безопасности при работе в СХУ.....	47
5.5 Влияние фреонов на окружающую среду.....	47
5.6 Влияние фреонов и их продуктов распада на человека.....	47
Заключение	
Выводы и предложения по технической эксплуатации и обслуживанию холодильного оборудования.....	48
Список использованной литературы и других источников.....	50

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.4/52

## Введение

### **Общая характеристика, назначение и применение холодильной установки. Компетенции профессиональной деятельности.**

Искусственный холод стал одним из основных технологических средств при производстве продукции высокого качества, так как с его помощью обеспечивается быстрая обработка рыбы и морепродуктов непосредственно после их добычи, а затем длительное хранение полученной продукции.

Холодильная установка представляет собой комплекс холодильных машин, технологического оборудования, трубопроводов, трюмов и других устройств, обеспечивающих производство искусственного холода.

Холодильная установка включает технические элементы, при помощи которых осуществляется перенос теплоты от среды с низкой температурой к среде с более высокой температурой за счет потребляемой при этом энергии.

Далее во введении дать краткую характеристику судна, в которой раскрывают следующие данные:

- тип судна и его расшифровка;
- размеры судна;
- суммарная мощность главных двигателей;
- основные характеристики судна и судовой холодильной установки;

Кроме этого указать для чего предназначено судно заданного типа и указать какие потребители холода имеются на судне.

В заключении необходимо определиться в соответствии с заданием, какую холодильную установку необходимо спроектировать.

Данные методическое пособие подготовлено с целью оказания организационной и методической помощи обучающимся при выполнении курсовой работы.

Выполнение курсовой работы способствует формированию у обучающегося следующих элементов компетенций:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.5/52

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, и использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 4. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

ОК 5. Осуществлять устную письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 6. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения.

ОК.7 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК. 8 Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК. 9 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

*профессиональных компетенций согласно ФГОС СПО*

ПК 1.1 Организовывать и осуществлять техническую эксплуатацию и обслуживание холодильного оборудования.

ПК 1.2 Проводить диагностику, обнаруживать неисправную работу холодильного оборудования, принимать меры для устранения и предупреждения отказов и аварий.

ПК 1.3 Выполнять контроль, анализ и оптимизацию режимов работы холодильного оборудования.

ПК 1.4 Организовывать и осуществлять работы по ремонту холодильного оборудования.

ПК 1.5 Организовывать и осуществлять мероприятия по охране труда при технической эксплуатации, обслуживанию и ремонту холодильного оборудования.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.6/52

В пособии изложены вопросы организации выполнения курсовой работы, требования к содержанию, общему и оформлению работы, приведены методические рекомендации для отработки отдельных разделов курсовой работы.

Оформление составляющих частей курсовой работы, осуществляется в соответствии с инструкцией по оформлению учебной и учебно-методической документации в колледже и требованиями стандартов ЕСКД.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.7/52

## 1. Расчет строительно-изоляционных конструкций.

### 1.1 Общие требования по размещению холодильного оборудования и груза на судне. Определение размеров трюмов и их планировка.

Размещение рефотделения, грузовых и морозильных помещений обеспечивает последовательность выполнения технологических процессов обработки рыбы.

Рефотделения размещают так:

- в отдельных выгороженных помещениях на уровне основного машинного отделения;
- специальных надпалубных рубках;
- хладоновые автономные холодильные машины для провизионных кладовых устанавливают рядом с ними в специальных выгородках;

Основные правила размещения холодильного оборудования в рефрижераторном машинном отделении:

- компрессоры и электродвигатели устанавливают вдоль оси судна плоскости, параллельной диаметральной плоскости /ДП/ судна, что обеспечивает лучшую работу компрессоров при поперечной качке;
- аппараты холодильных машин устанавливают так, чтобы их оси находились параллельно ДП. Взаимное расположение машин и аппаратов должно быть технологичным;
- машины и аппараты располагают так, чтобы можно было быстро и удобно производить разборку, сборку и чистку оборудования;
- параллельно работающие машины и аппараты размещают рядом и включают в общую схему для полной взаимозаменяемости.

Основные правила размещения грузовых охлаждаемых помещений и груза в трюмах

- распределение грузов по корпусу осуществляется в соответствии с требованиями остойчивости, крена, дифферента и других параметров, обеспечивающих безопасность плавания;
- рефрижераторные грузы, имеющие большой погрузочный объем, устраивают в носовой части судна;
- охлаждаемые помещения /трюмы, твиндеки/ составляют общие блоки, что позволяет существенно уменьшить потери холода;

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.8/52

- на судах с различными температурными режимами более низкую температуру поддерживают в трюме, более высокую в твиндеке. В этом случае палуба, разделяющая трюм и твиндек, имеет изоляцию и геометрически закрывающийся люк.

#### Определение размеров трюмов

Данная задача предусматривает определение размеров трюмов заданного типа судна.

Курсанту вместе с заданием на курсовое проектирование выдается схема расположения охлаждаемых помещений на судне заданного типа.

Зная из технической характеристики длину и ширину судна, имея планировку расположения трюмов на общем виде судна, необходимо определить масштаб планировки. После математических расчетов определяется сколько в 1 см на рисунке метров реального судна. Затем линейкой измеряют на планировке длину и высоту каждого трюма и умножают на масштаб. Для упрощения в расчетах принимаем ширину трюмов равную ширине судна заданного типа.

#### Определение температуры вокруг охлаждаемых помещений

На расчет и выбор всех необходимых элементов холодильной машины влияет два основных показателя, от которых зависит тепловая нагрузка: это температура забортной воды и температура наружного воздуха.

В задании на курсовое проектирование эти температуры заданы. На основании этих данных необходимо рассчитать температурный режим вокруг охлаждаемых трюмов.

Тепловой поток через изолированные ограждения проникает в охлаждаемые помещения из-за наличия разности температур наружной окружающей среды и воздуха внутри помещения, а также воздействия солнечной радиации.

#### Определение наружной температуры с левого бота

$$t_{нар1} = \frac{t_{возд} + t_{w1}}{2} [^{\circ}C]$$

где  $t_{возд}$  - температура наружного воздуха по данным технической характеристики судна;  
 $t_{w1}$  - температура забортной воды;

#### Определение наружной температуры с правого борта

$$t_{нар2} = \frac{t_{возд} + (5 \div 7) + t_{w1}}{2} [^{\circ}C]$$

Документ управляется программными средствами TRIM-QM  
 Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в TRIM-QM

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.9/52

где (5-7) °[C] - увеличение температуры с учетом влияния солнечной радиации;

Определение наружной температуры со стороны главной палубы

$$t_{нар3} = \frac{t_{возд} + (5 \div 7) + t_{w1}}{2} + 10 [^{\circ}C]$$

Определение наружной температуры со стороны двойного дна

$$t_{нар4} = t_{w1} [^{\circ}C]$$

2.2.5 Определение наружной температуры со стороны машинного отделения

$$t_{нар5} = 45 [^{\circ}C]$$

Определение наружной температуры стороны носовой и кормовой переборки

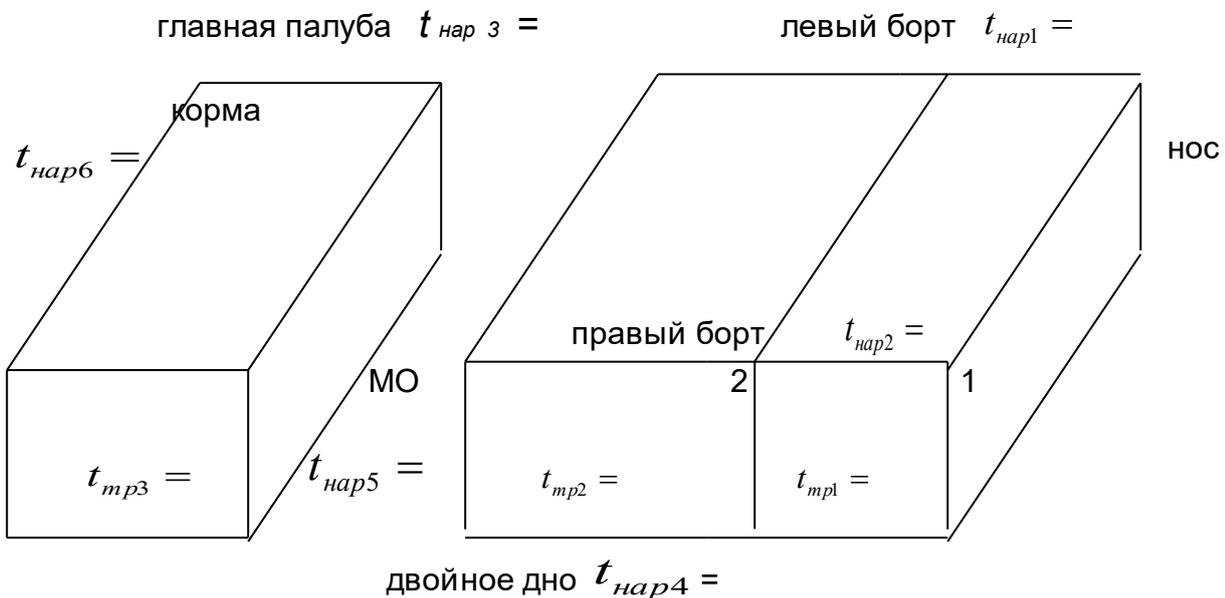


Рис. 2.1 Планировка охлаждаемых трюмов

Примечание: Для определения температуры в трюме использовать заданную температуру кипения жидкого хладагента.

$$t_{мп} = t_0 + (7 \div 10) [^{\circ}C] \quad - \text{ для аммиака (R717)}$$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.10/52

$$t_{mp} = t_0 + (12 \div 20) [^{\circ}C] \quad - \text{ для хладонов (R)}$$

## 1.2 Изображение и размеры судовой изоляционной конструкции.

Выбор и техническая характеристика теплоизоляции

Изоляционные материалы по виду и форме разделяются на две группы:

- изоляционные изделия, имеющие форму /блоки, цилиндры, плиты и т.д./;
- напыляемые материалы;

Выбор теплоизоляционного материала производится для охлаждаемых трюмов в соответствии с документами санитарного надзора или документами Морского Регистра РФ.

При выборе теплоизоляционного материала необходимо учитывать основные требования к ним:

- малая объемная масса;
- низкое значение коэффициента теплопроводности, [Вт/мК] ;
- долговечность, прочность, негигроскопичность, негорючесть;

Курсанту необходимо выбрать марку теплоизоляционного материала по учебной, справочной и технической литературе.

После выбора теплоизоляционного материала необходимо выписать из учебной, справочной или технической литературы основные характеристики выбранной теплоизоляции, и её достоинства.

Изображение теплоизоляционной конструкции

Теплоизоляционные конструкции охлаждаемых помещений судов делятся на три класса:

- не прорезаемые стальным набором корпуса;
- перекрывающие набор корпуса;
- обходящие набор корпуса;

При изолировании любых поверхностей применяют конструкции второго и третьего класса.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.11/52

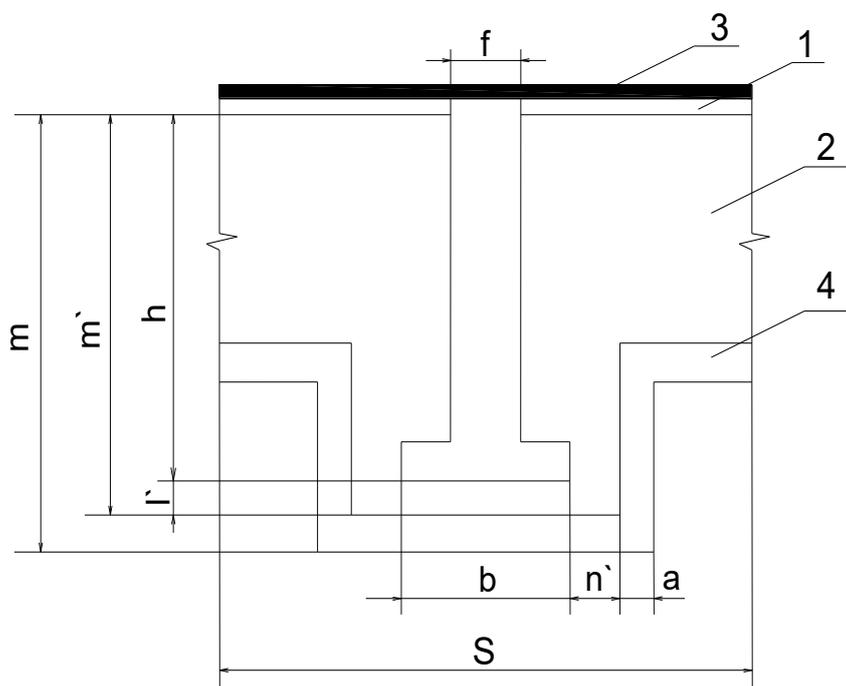


Рис.3.1 Изоляционная конструкция обходящая набор

- 1- металлическая обшивка; деревянная зашивка изоляции;  
2- бетонная заливка; основной слой изоляции.

где:  $h$ - высота набора /м/;  $S$ - размер шпации /м/;  $b$ - ширина полки профиля /м/;  $a$ - толщина деревянной зашивки /м/.  $m'$ ,  $l'$ ,  $n'$  - абсолютные размеры толщины изоляционного слоя /м/;  $f$ - толщина стенки профиля /м/;  $m_1$ - полная толщина изоляции с учетом высоты набора профиля /м/.

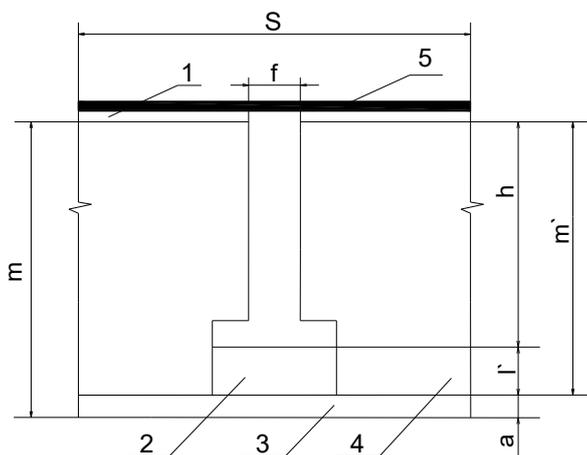


Рис.3.2 Изоляционная конструкция перекрывающая набор

- 1 - металлическая обшивка;  
2 - подкрепляющие деревянные бруски;  
3 - деревянная зашивка изоляции;  
4 - слой теплоизоляции;  
5 - бетонная заливка.

Примечание: Все размеры судовой изоляционной конструкции принимаются в зависимости от типа судна.

Так как курсовой проект является учебным и предполагает ознакомить курсантов с элементами инженерного проектирования, то можно не привязываться к точным размерам судовой изоляционной конструкции.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.12/52

Для расчетов все конструктивные размеры можно принять по средним статическим данным, которые прилагаются ниже.

$$h = (100-250) \text{ мм}$$

$$l' = (40-100) \text{ мм}$$

$$f = (4-8) \text{ мм}$$

$$n' = (30-60) \text{ мм}$$

$$S = (400-1500) \text{ мм}$$

$$m' = (h + l') \text{ мм} - \text{для перекрывающего набора}$$

$$b = (60-100) \text{ мм}$$

$$m' = h - (l' + a) \text{ мм} - \text{для обходящего набора}$$

$$a = (30-40) \text{ мм}$$

### 1.3 Расчет коэффициента теплоизоляции Киз.

По заданному или выбранному теплоизоляционному материалу принимаем значение коэффициента теплопроводности изоляции по таблице

$$\lambda_{uz} [Вт / м * К]$$

Определяем толщину теплоизоляционного слоя, эквивалентную деревянной зашивке

$$\delta_{э.д.} = \frac{\lambda_{uz} * a}{\lambda_{д.}} [м];$$

где  $\lambda_{д.} = 0,15 \text{ Вт / м} * \text{К}$  – коэффициент теплопроводности дерева;

Определяем абсолютные размеры изоляционной конструкции

$$l = l' + \delta_{э.д.} [м]; \quad m = h + l [м];$$

$$n = n' + \delta_{э.д.} [м];$$

Определяем относительные размеры изоляционной конструкции, исходя из абсолютных размеров

$$S' = \frac{S}{h}; \quad M = \frac{m}{h}; \quad B = \frac{b}{h}; \quad L = \frac{l}{h}; \quad N = \frac{n}{h};$$

Согласно полученным данным по графику определяем величины и рассчитываем формфактор / фактор формы / для судовой изоляции:

$$\Phi = \Phi_{S'M} * \varphi_B - \text{для изоляции перекрывающей набор,}$$

$$\Phi = \Phi_{S'M} * \varphi_B * \varphi_{L_N} * \varphi_N - \text{для изоляции обходящий набор.}$$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.13/52

Все коэффициенты для расчета формфактора определяем графическим путем /смотри раздаточный материал /.

Определяем коэффициент теплопередачи

$$K_{uz} = \frac{\lambda_{uz} * \Phi}{S} [Вт / м^2 * К]$$

Уточняем коэффициент теплопередачи с учетом бруска обрешетки

$$K_1 = K_{uz} * \beta [Вт / м^2 * К]$$

где  $\beta$ - коэффициент, учитывающий влияние брусков обрешетки,

$$\beta = / 1,1 + 1,3 / \quad - \text{ для конструкции изоляции,}$$

$$\beta = / 1,05 + 1,15 / \quad \text{перекрывающей набор,}$$

$$\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad - \text{ для конструкции изоляции обходящей набор.}$$

Сравниваем расчетное значение коэффициента теплопередачи судовых изоляционных конструкций с оптимальными значениями;

$$K_1^{opt} = / 0,35 + 0,7 / [Вт / м^2 * К]$$

Расчетный коэффициент теплопередачи должен быть в пределах оптимальных величин.

Вывод: Если значение  $K_1$  получится больше или меньше, то нужно выбрать другую толщину теплоизоляционного слоя и повторить расчет.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.14/52

## 2. Тепловой расчет

### 2.1 Определение теплопритока в трюма.

Цели и задачи теплового расчета

Тепловой расчет производится для определения величины общего теплового потока, поступающего в охлаждаемое помещение.

Данные теплового расчета служат основанием для определения холодопроизводительности компрессоров и выбора холодильного оборудования. При этом расчете исходят из наиболее неблагоприятных условий, в которых может находиться судовая холодильная установка.

В таких условиях максимальную тепловую нагрузку принимают за расчетное значение.

Общий поток в охлаждаемое помещение определяется по следующей формуле:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad \text{Вт};$$

где  $Q_1$  – теплоприток через ограждения, Вт

$Q_2$  – теплоприток от термообработки груза, Вт

$Q_3$  – теплоприток от вентиляции, Вт

$Q_4$  – теплоприток от освещения и пребывания людей в помещении, Вт

$Q_5$  – теплоприток от работающих механизмов, Вт

$Q_6$  – теплоприток от работы льдогенератора, Вт

#### 2.1.1 Определение теплопритока через ограждения, $Q_1$

$$Q_1 = \sum K_1 * F_{огр} * (t_{нар} - t_{тр}), \text{ Вт}$$

где  $K_1$  – коэффициент теплопередачи через изоляционное ограждение,  $\text{Вт} / \text{м}^2 * \text{К}$ ;

$F_{огр}$  – поверхность ограждения,  $\text{м}^2$ ;

$t_{нар}$  – наружная температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{тр}$  – температура в трюме,  $^{\circ}\text{C}$ .

Расчет теплопритока производится отдельно по каждому трюму и сводится в таблицу №1.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.15/52

Примечание:

- При заполнении таблицы следует учитывать температуру охлаждаемых помещений, смежные с рассматриваемыми, и принимать наружную температуру как температуру соседнего помещения.

- Если при расчете получается отрицательный теплоприток, то это говорит о том, что тепло не поступает в трюм, а наоборот направляется из трюма.

В этом случае он учитывается только на компрессор, причем со знаком (-).

На оборудование отрицательный теплоприток не учитывается.

При сложении теплопритоков от отдельных ограждений трюма отрицательный теплоприток из общей суммы отнимается.

Таблица № 1 Определение теплопритока через ограждения

№	Назначение трюма	Обозначение ограждения	$t_{нар}$ °C	$t_{тр}$ °C	$\Delta t$ °C	$L_{огр}$ м	$B_{огр}$ $H_{огр}$ м <sup>2</sup>	$F_{огр}$ м <sup>2</sup>	$K_1$ $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$Q_1$	
										КМ	ОБ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Хр. мор. грузов	Главная палуба									
		Двойное дно									
		Нос									
		Корма									
		Левый борт									
		Правый борт									
Σ											

## 2.1.2 Определение теплопритока от термообработки груза, $Q_2$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.16/52

$$\sum Q_2 = Q_2^{zp} + Q_2^{тары}; Вт$$

где  $Q_2^{zp}$  – теплоприток от термообработки груза, Вт

$Q_2^{тары}$  – теплоприток от ограждения тары, Вт

Определение теплопритока  $Q_2^{zp}$ ; Вт

$$Q_2^{zp} = \frac{M_{zp} * (i_{нач} - i_{кон}) * 1000 * 1000}{24 * 3600} Вт ;$$

где  $M_{zp}$  – масса груза, поступающего на термообработку, т/сут;

$i_{нач.}$  – энтальпия продукта в начале термообработки, кДж/кг;

$i_{кон.}$  – энтальпия продукта в конце термообработки, кДж/кг;

Значения энтальпий выбираются по таблице в зависимости от начальной и конечной температур груза и вида термообработки:

–  $t_{нач} = t_{w1}$  для замораживания и охлаждения груза;

$$t_{кон} = t_{mp}$$

–  $t_{нач} = t_{mp} + (8 \div 10) [^{\circ}C]$  для домораживания и доохлаждения;

$$t_{кон} = t_{mp}$$

Определение теплопритока  $Q_2^{тары}$

$$Q_2^{тары} = \frac{M_{тары} * C_{тары} * (t_{нач} - t_{кон}) * 1000 * 1000}{24 * 3600} Вт ;$$

где  $M_{тары}$  – масса тары [т];

$C_{тары}$  – теплоемкость тары [кДж / кг \* К];

принимаем:  $M_{тары} = / 0,1 \div 0,3 * M_{zp} [т];$

$$C_{тары} = 1,46 [кДж / кг * К];$$

Определение общего теплопритока от термообработки и распределение его на компрессор и оборудование

$$\sum Q_2 = Q_2^{zp} + Q_2^{тары} [Вт];$$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.17/52

Примечание: Распределение теплопритока от термообработки груза на компрессор и оборудование учитывают так:

$$\left. \begin{aligned} Q_2^{KM} &= 100\% \sum Q_2 \\ Q_2 &= 130\% \sum Q_2 \end{aligned} \right\} \text{если процесс термообработки идет в охлаждаемых трюмах /доохлаждение и замораживание/},$$

$$\left. \begin{aligned} Q_2^{KM} &= 100\% \sum Q_2 \\ Q_2^{об} &= 100\% \sum Q_2 \end{aligned} \right\} \text{если процесс термообработки идет в аппаратах /СМА и охладители СПО/}.$$

Расчет теплопритока ведется для каждого трюма отдельно.

### 2.1.3 Определение теплопритока от вентиляции $Q_3$

$$Q_3 = \frac{V_{ном} * \rho_{возд} * a * (i_{нач} - i_{тр}) * 1000}{24 * 3600} [Вт];$$

где  $V_{ном}$  - объем вентилируемого помещения;  $[м^3]$

$$V_{ном} = L_{тр} * B_{тр} * H_{тр} [м^3];$$

$L_{тр}, B_{тр}, H_{тр}$  - длина, ширина и высота трюма;  $[м]$

$\rho_{возд}$  - плотность наружного воздуха  $кг / м^3$ ;

$a$  - число обменов воздуха;  $a = (1 \div 2)$  для трюма хранения охлажденных грузов;  $a = (3 \div 4)$  для трюма хранения мороженных грузов;

$i_{нач}; i_{тр}$  - энтальпии наружного воздуха и воздуха в трюме  $кДж/кг$ ;

Величины  $\rho_{возд}; i_{нач}; i_{тр}$  определяются по диаграмме  $i - d$ ;

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.18/52

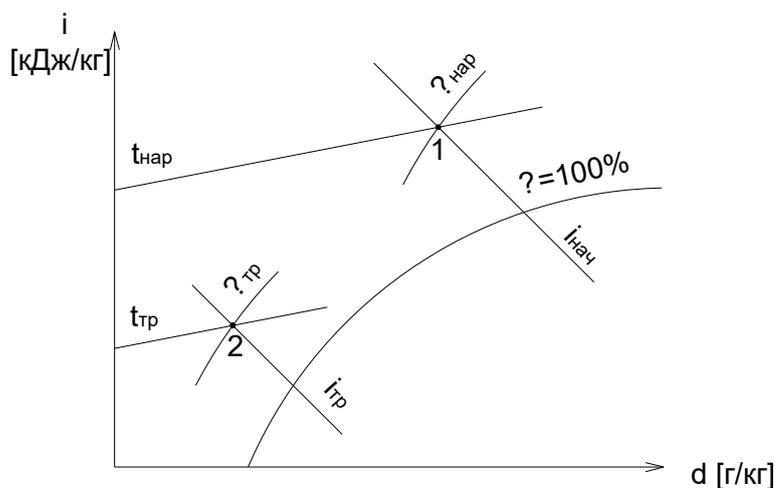


Рис. 4.1 Диаграмма влажного воздуха.

Величины:  $\rho_{возд}$  – определяются по точке (1)  
 $i_{нач}$  – определяются по точке (1)  
 $i_{тр}$  -- определяются по точке (2)

Примечание:

- для построения точки 1 необходимо знать величины  $t_{нар}$  и  $\varphi_{нар}$  / температуру и влажность наружного воздуха /;
- для построения точки 2 необходимо знать величины  $t_{тр}$  и  $\varphi_{тр}$  / температуру и влажность воздуха в трюме /;
- расчет теплопритока  $Q_3$  ведется по каждому трюму отдельно;
- распределение теплопритока  $Q_3$  на компрессор и оборудование принимается:

$$Q_3 = Q_3^{KM} = Q_3^{Об}$$

#### 2.1.4 Определение теплопритока от освещения и людей $Q_4$

$$Q_4 = 350 * m + \sum N [Вт];$$

где 350- величина теплового потока от одного человека;

m - число работающих людей,  $m = (1 \div 2) чел.$

$\sum N$  - суммарный тепловой поток от светильников;

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.19/52

$\sum N = 1.2F_{ном.}$  для трюмов;

$\sum N = 4.5F_{ном.}$  для производственных помещений.

Примечание:

- распределение теплопритока  $Q_4$  на компрессор и оборудование учитывают

так:  $Q_4^{KM} = (0,5 \div 0,75) * Q_4$

$$Q_4^{об} = Q_4$$

- расчет теплопритока  $Q_4$  ведется для каждого трюма отдельно.

2.1.5 Определение теплопритока от работающих механизмов  $Q_5$

$$Q_5 = \sum N_9 [Вт];$$

где  $\sum N_9$  - суммарная мощность электродвигателей, установленных в помещениях;

$\sum N_9 = (3000 \div 8000) [Вт]$  - для охлаждаемых трюмов;

$\sum N_9 = (8000 \div 10000) [Вт]$  - для морозильных аппаратов;

Примечание:

- распределение теплопритока  $Q_5$  на компрессор и оборудование учитывают

так:  $Q_5 = Q_5^{KM} = Q_5^{об}$

2.1.6 Определение теплопритока от льдогенератора  $Q_6$

$$Q_6 = \frac{g_l * M_{лг} * 1000}{3600} [Вт];$$

где  $g_l$  – удельная теплота на приготовление льда;

$$g_l = (570 \div 540) [кДж / кг];$$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.20/52

$M_{лз}$  – производительность льдогенератора,  $[кг / час]$ ;

Примечание: - распределение теплопритока на компрессор и оборудование учитывают так:  $Q_6^{KM} = Q_6$ ;  $Q_6^{об} = 0$ ;

- теплоприток  $Q_6$  учитывают в суммарном теплопритоке самой высокой температуры кипения.

## 2.2 Сводная таблица теплопритоков и определение холодопроизводительности на компрессор.

Для определения общего теплопритока составляют сводную таблицу теплопритоков с учетом распределения по температурам кипения.

Принимаем:  $t_{01}$  – температура кипения хладагента, подаваемого в трюма хранения охлажденных грузов.

$t_{02}$  – температура кипения хладагента, подаваемого в трюма хранения мороженных грузов.

Таблица № 2 Сводная таблица теплопритоков

№ трюма	Наименование трюма	$t_{mp}$ [°C]	$t_0$ [°C]	$Q_1$		$Q_2$		$Q_3$		$Q_4$		$Q_5$		$Q_6$		$\Sigma Q_0$	
				К М	О Б	К М	О Б	КМ	ОБ								
1.	Хр.охл. грузов																
2.	Хр. охл. грузов																
														$\Sigma$		X	
3.	Хр.мор. грузов																
														$\Sigma$		X	

Примечание: - определить общий теплоприток по каждому трюму на компрессор  $\Sigma Q_0^{KM}$  и на оборудование  $\Sigma Q_0^{об}$ ;

- определить общий теплоприток на компрессор по каждой температуре кипения  $\Sigma Q_{01}^{KM}$  и  $\Sigma Q_{02}^{KM}$ ;

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.21/52

Тепловые потоки невозможно определить по точному расчету, так как многие из них нельзя учесть полностью /через изоляцию трубопроводов хладагента и рассола; испарителей; через неплотности в люках и т.д./.

Поэтому необходимо увеличить общий тепловой поток на  $(20 \div 30)\%$ .

$$Q_{01}^{KM} = (1,2 \div 1,3) * \sum Q_{01}^{KM} [Вт]; \quad Q_{02}^{KM} = (1,2 \div 1,3) * Q_{02}^{KM} [Вт];$$

### 3. Расчет циклов холодильных машин.

#### 3.1 Построение и расчет цикла холодильной машины и определение параметров точек цикла.

Определение основных параметров работы холодильной машины

Для построения цикла холодильной машины необходимо определить следующие величины:

$t_k$  — температура конденсации хладагента,  $[^{\circ}C]$

$$t_k = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} + (5 \div 7) [^{\circ}C]$$

где  $t_{w1}$  — температура заборной воды, поступающей в конденсатор,

$t_{w2}$  — температура воды, выходящей из конденсатора,

$$t_{w2} = t_{w1} + (1 \div 5) [^{\circ}C]$$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.22/52

$t_{вс}$  – температура всасывания паров хладагента в компрессор,  $[^{\circ}C]$

$$t_{вс} = t_0 + (5 \div 15) [^{\circ}C] \quad \text{для аммиака,}$$

$$t_{вс} = t_0 + (20 \div 30) [^{\circ}C] \quad \text{для хладонов,}$$

$t_n$  – температура переохлаждения жидкого хладагента,  $[^{\circ}C]$

$$t_n = t_k - (2 \div 5) [^{\circ}C]$$

- определяется после построения цикла по диаграмме.

$\varphi$  – степень сжатия / отношение давления конденсации к давлению кипения

хладагента/:  $\varphi = P_k / P_0$ ;

если  $\varphi < 9$  – применяют холодильную машину одноступенчатого сжатия,

если  $\varphi \geq 9$  – применяют холодильную машину двухступенчатого сжатия.

## 5.2 Расчет циклов холодильных машин одноступенчатого сжатия

Дано:

$$t_0 =$$

$$t_k =$$

$$t_n =$$

$$t_{вс} =$$

х.а.-

Расчет цикла.

Рис 5.1 Цикл одноступенчатой холодильной машины в диаграмме lg P-i.

Цикл одноступенчатого сжатия необходимо построить на тепловой диаграмме заданного хладагента и определить основные параметры точек цикла.

Для удобства расчета данные заносят в таблицу № 3.

Таблица № 3 Таблица параметров точек цикла

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.23/52

номер точки	$P,$ [МПа]	$t,$ [°C]	$i,$ [кДж / кг]	$v,$ [м <sup>3</sup> / кг]	$S,$ [кДж / кг * К]
1'					
1					
2					
2'					
3					
4					
5					

Производится расчет цикла, с целью определить удельные величины:

- удельная массовая холодопроизводительность:

$$q_0 = (i_{1'} - i_5) \text{ кДж/кг}$$

- удельная нагрузка на конденсатор:

$$q_k = (i_2 - i_3) \text{ кДж/кг}$$

- удельная нагрузка на переохладитель:

$$q_n = (i_3 - i_4) \text{ кДж/кг}$$

- удельная работа цикла /компрессора/:

$$l_{км} = (i_2 - i_1) \text{ кДж/кг}$$

- холодильный коэффициент:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l_{км}}$$

Примечание: Для построения цикла одноступенчатой хладоновой холодильной машины необходимо определить температуру переохлаждения жидкого хладона.

Чтобы эту температуру найти, нужно построить точку 4 по расчетному значению энтальпии в этой точке.

Для этого составляем уравнение теплового баланса:

$$(i_1 - i_{1'}) = (i_3 - i_4);$$

из уравнения определяем энтальпию четвертой точки:

$$i_4 = i_3 - (i_1 - i_{1'}) \text{ кДж/кг}$$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.24/52

Точка (4) строится при пересечении двух линий:

$$i_4 = const \quad \text{и} \quad P_k = const$$

Она будет лежать в области переохлажденного хладагента.

Расчет циклов холодильных машин двухступенчатого сжатия

Цикл двухступенчатого сжатия аммиачной холодильной машины

Дано:

$t_0 =$	
$t_k =$	
$t_n =$	
$t_{вс} =$	
х.а.-	

Расчет цикла

Рис 5.2 Цикл холодильной машины двухступенчатого сжатия

Для построения цикла двухступенчатого сжатия необходимо определить следующие величины:

$$P_m = \sqrt{P_0 * P_k} \text{ [МПа]} \quad \text{- промежуточное давление;}$$

$$t_{зам} = t_m + (3 \div 5) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \text{- температура змеевика.}$$

Цикл двухступенчатого сжатия необходимо построить на тепловой диаграмме аммиака и определить основные параметры точек цикла.

Для удобства расчетные данные заносят в следующую таблицу.

Таблица № 4. Таблица параметров точек цикла

номер точки	$P,$ [МПа]	$t,$ [ $^\circ\text{C}$ ]	$i,$ [кДж / кг]	$v,$ [ $\text{м}^3 / \text{кг}$ ]	$S,$ [кДж / кг * К]
1'					
1					
2					
3					
4					
4'					

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.25/52

5					
6					
7					
8					
9					

Производим расчет цикла с целью определения основных величин.

- удельная массовая холодопроизводительность;

$$q_0 = (i_1' - i_9) [\text{кДж} / \text{кг}];$$

- удельная нагрузка на конденсатор:

$$q_k = (i_4 - i_5) [\text{кДж} / \text{кг}];$$

- удельная нагрузка на переохладитель:

$$q_n = (i_5 - i_6) [\text{кДж} / \text{кг}];$$

- удельная нагрузка на змеевик промысуда:

$$q_{з.м.} = (i_7 - i_8) [\text{кДж} / \text{кг}];$$

- удельная работа сжатия компрессора первой ступени:

$$l_{км1} = (i_2 - i_1) [\text{кДж} / \text{кг}];$$

- удельная работа сжатия компрессора второй ступени:

$$l_{км2} = (i_4 - i_3) [\text{кДж} / \text{кг}];$$

- холодильный коэффициент:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l_{км1} + l_{км2}};$$

Цикл двухступенчатого сжатия хладоной холодильной машины

Дано:

$$t_0 =$$

$$t_k =$$

$$t_{вс} =$$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.26/52

х.а.-

### Расчет цикла

Рис 5.3 Цикл двухступенчатой хладоновой холодильной машины.

Для построения цикла двухступенчатого сжатия необходимо определить следующие величины:

$$P_m = \sqrt{P_0 * P_k} \text{ [МПа]} - \text{промежуточное давление.}$$

$$\left. \begin{aligned} t_{nx} &= t_m + (5 \div 10) [^{\circ}\text{C}] \\ t_{nx} &= t_{w1} + (3 \div 4) [^{\circ}\text{C}] \end{aligned} \right\} - \text{температура промежуточного охлаждения пара хладонента в водяном теплообменнике.}$$

дагента в водяном теплообменнике.

Для построения точки (6) составляем уравнение теплового баланса и определяем энтальпию этой точки:

$$(i_1 - i_{1'}) = (i_5 - i_6) \Rightarrow i_6 = i_5 - (i_{1'} - i_1) \text{ [кДж / кг];}$$

После построения этой точки на диаграмме, находим значения температуры в этой точке, это и будет температура переохлаждения жидкого хладона.

Цикл двухступенчатого сжатия необходимо построить на тепловой диаграмме заданного хладона и определить основные параметры точек цикла.

Для удобства расчетные данные заносят в таблицу.

Таблица № 5 Таблица параметров точек цикла

номер точки	$P,$ [МПа]	$t,$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$i,$ [кДж / кг]	$v,$ [ $\text{м}^3 / \text{кг}$ ]	$S,$ [кДж / кг * К]
1'					
1					
2					
3					
4					
4'					
5					
6					
7					

Производится расчет цикла с целью определения основных величин.

- удельная массовая холодопроизводительность:

Документ управляется программными средствами TRIM-QM  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в TRIM-QM

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.27/52

$$q_0 = (i_7 - i_1) [кДж / кг];$$

- удельная нагрузка на конденсатор:

$$q_k = (i_4 - i_5) [кДж / кг];$$

- удельная нагрузка на регенеративный теплообменник:

$$q_n = (i_1 - i_1') = (i_5 - i_6) [кДж / кг];$$

- удельная нагрузка на промежуточный холодильник:

$$q_{nx} = (i_2 - i_3) [кДж / кг];$$

- удельная работа сжатия компрессоров первой и второй ступени:

$$l_{KM1} = (i_2 - i_1) [кДж / кг]; \quad l_{KM2} = (i_4 - i_3) [кДж / кг];$$

- холодильный коэффициент:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l_{KM1} + l_{KM2}};$$

Система охлаждения состоит из приборов охлаждения, связанных с работой холодильной машины и предназначенных для отвода теплоты из помещений / трюмов, кладовых и т.д. /.

На промышленных судах применяют два основных способа охлаждения:

- непосредственное при помощи хладагента, кипящего в приборах охлаждения, расположенных в охлаждаемых помещениях;

- рассольное, при помощи хладоносителя, циркулирующего между испарителем и рассольными приборами охлаждения.

Выбор системы охлаждения зависит от технологических условий, эксплуатационных и экономических факторов.

Экономичность холодильной установки определяется выбранным температурным режимом.

Кроме этого она зависит от протяженности трубопроводов, от количества хладагента в системе, от свойств хладагента.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.28/52

К эксплуатационным факторам относится метод регулирования холодопроизводительности установки, зависит от расположения холодильного оборудования на судне, от размеров судна и судовых помещений.

После выбора системы охлаждения в пояснительной записке курсового проекта необходимо дать краткое описание ее работы, основные особенности и достоинства.

При проектировании холодильной установки, важно правильно выполнять расчеты и подобрать основное и вспомогательное холодильное оборудование. В значительной мере это определяется правильностью выбранной схемы холодильной установки.

Под схемой холодильной установки понимают совокупность и функциональную связь между схемами отдельных узлов присоединения основных и вспомогательных элементов и трубопроводов.

При выполнении курсового проекта подробно разрабатывается принципиальная рабочая схема с указанием количества, типа и характеристик всех элементов схемы. При выполнении рабочей схемы холодильной установки необходимо пользоваться условными обозначениями машин, аппаратов и трубопроводов, предусмотренных нормативными документами.

При выборе схемы холодильной установки необходимо руководствоваться технической документацией, справочными данными о схемах холодильных установок, и используемых на рыбопромысловых судах.

#### **4. Расчет и подбор холодильного оборудования.**

##### **4.1 Расчет и подбор компрессоров**

###### **4.1.1 Расчет и подбор одноступенчатого поршневого компрессора**

Определяем количество хладагента, циркулирующего по схеме:

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.29/52

$$G_{x.a.} = \frac{Q_0}{q_0} [кг / с];$$

Определяем теоретическую подачу компрессора:

$$V_g = G_{x.a.} * v_1 [м^3 / с]; \text{ где } V_1 \text{ - объем точки всасывания в КМ;}$$

Определяем коэффициент подачи видимых потерь в компрессоре:

$$\lambda_i = \frac{P_0 - \Delta P_{вс}}{P_0} - c \left( \frac{P_k + \Delta P_{наг}}{P_0} - \frac{P_0 - \Delta P_{вс}}{P_0} \right);$$

где  $\Delta P_{вс} = 0,005 \text{ МПа}$  - депрессия всасывающего клапана;

$\Delta P_{наг} = 0,01 \text{ МПа}$  - депрессия нагнетательного клапана;

$c = (0,03 \div 0,05)$  для R717 - величина объемного мертвого пространства

ПКМ

$c = (0,05 \div 0,08)$  для R

Определяем коэффициент подачи невидимых потерь в компрессоре:

$$\lambda_w' = \frac{T_0}{T_k} = \frac{t_0 + 273}{t_k + 273};$$

где:  $t_0$  - температура кипения хладагента.

$t_k$  - температура конденсации хладагента.

Определяем коэффициент подачи компрессора:

$$\lambda = \lambda_i * \lambda_w';$$

Определяем действительный объем, описываемый поршнем компрессора:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} [м^3 / кВт];$$

Определяем адиабатическую мощность компрессора:

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.30/52

$$N_{a\partial} = G_{x.a} * l_{KM} [\kappa Bm];$$

Определяем индикаторный к.п.д. компрессора:

$$\eta_i = \lambda'_{w1} + b * t_0; \text{ где } b - \text{ эмпирический коэффициент;}$$

$b = 0.001$  для аммиачных компрессоров,

$b = 0.0025$  для хладоновых компрессоров,

$t_0 \Rightarrow$  температура кипения хладагента с соответствующим знаком (+) или (-);

Определяем индикаторную мощность компрессора:

$$N_i = \frac{N_{a\partial}}{\eta_i} [\kappa Bm];$$

Определяем эффективную мощность компрессора:

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{Mex}} [\kappa Bm]; \text{ где } \eta_{Mex} = (0,82 \div 0,9) - \text{ механический к.п.д.}$$

Определяем мощность двигателя компрессора:

$$N_{\partial\partial} = \frac{N_e}{\eta_{\partial\partial}} [\kappa Bm]; \text{ где } \eta_{\partial\partial} = (0,96 \div 0,99) - \text{ к.п.д. двигателя КМ}$$

Определяем тепловую нагрузку на конденсатор:

$$Q_{\kappa} = G_{x.a} * q_{\kappa} [\kappa Bm];$$

$$Q_{\kappa} = Q_0 + N_i [\kappa Bm];$$

Из двух величин для расчета конденсаторов выбираем наибольшую.

По расчетным данным  $V_h$  и  $N_{\partial\partial}$  выбираем марку стандартного поршневого компрессора и выписываем его техническую характеристику в табличной форме.

#### 4.1.2 Расчет и подбор одноступенчатого винтового компрессора

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.31/52

Цикл в диаграмме для винтового компрессора строится аналогично циклу поршневого компрессора. Затем для построения политроп (1-2с) и (1-2м) необходимо определить параметры точек (2с) и (2м);

Положение точки (2с) определяется по энтальпии  $i_{2c}$  :

$$\eta_{пол} = \frac{l_{ад}}{l_{пол}} = \frac{(i_2 - i_1)}{(i_{2c} - i_1)} \Rightarrow \text{из уравнения определяем энтальпию точки}$$

$$i_{2c} = i_1 + \frac{(i_2 - i_1)}{\eta_{пол}} \text{ [кДж / кг]}; \text{ где } \eta_{пол} = 0,8 \text{ к.п.д. политропы.}$$

Положение точки (2м) определяется по температуре  $t_{2м}$  :

$$T_{2м} = T_{вс} * \varepsilon_{нар}^{\frac{m-1}{m}} ; \quad t_{2м} = T_{2м} - 273 \text{ [}^\circ\text{C]};$$

где  $\varepsilon_{нар} = \frac{P_{\kappa}}{P_0}$  – наружная степень сжатия,

$m = (1.1 \div 1.3)$  – показатель политропы,

$$T_{вс} = (t_1 + 273) \text{ [K]};$$

После построения цикла работы холодильной машины с винтовым компрессором определяем величины  $V_h$  и  $N_{\delta\sigma}$  аналогично расчету поршневого компрессора.

Примечание:

- Коэффициент подачи винтового компрессора  $\lambda$  и эффективный к.п.д.  $\eta_e$  необходимо определить графическим способом;

- При определении эффективной мощности в формулу вместо точки (2) необходимо построить энтальпию точек (2с) или (2м) в зависимости от хладагента:

$$N_e = \frac{G_{x.a.} (i_{2c} - i_1)}{\eta_e} \text{ [кВт]}; \quad \text{или}$$

$$N_e = \frac{G_{x.a.} (i_{2м} - i_1)}{\eta_e} \text{ [кВт]};$$

- Необходимо определить количество масла, циркулирующего по винтовому агрегату:

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.32/52

$$V_{\text{масла}} = \frac{Q_{\text{масла}}}{Cp_{\text{масла}} * \rho_{\text{масла}} * \Delta T_{\text{масла}}} \left[ \text{м}^3 / \text{с} \right];$$

где  $Cp_{\text{масла}} = 2,1 [\text{кДж} / \text{кг} * \text{К}]$  – теплоемкость масла;

$$\rho_{\text{масла}} = 0,8 * 10^3 \left[ \text{кг} / \text{м}^3 \right] - \text{плотность масла};$$

$$Q_{\text{масла}} = G_{\text{х.а.}} * (i_{2c} - i_{2m}) [\text{кВт}] - \text{количество тепла, отводимого маслом};$$

$$\Delta T_{\text{масла}} = (t_{2c} - t_{2m}) [\text{К}] - \text{разность температур масла в процессе отвода теплоты в винтовом компрессоре.}$$

По расчетным данным  $V_h$  и  $N_{\text{дв}}$  выбираем марку стандартного винтового компрессора и выписываем его техническую характеристику в табличной форме.

#### 4.1.3 Расчет и подбор двухступенчатого компрессора с поршневыми компрессорами на первой и второй ступени

Расчет поршневого компрессора на 1 ступени

- определяем количество хладагента, поступающего на компрессор 1 ступени:

$$G_1 = \frac{Q_0}{q_0} \left[ \text{кг} / \text{с} \right];$$

- определяем теоретическую подачу компрессора 1 ступени:

$$V_{\text{д1}} = G_1 * v_{\text{вс}} \left[ \text{м}^3 / \text{с} \right]; \quad \text{где} \quad v_{\text{вс}} = v_1;$$

- определяем коэффициент подачи видимых потерь в компрессоре 1 ступени:

$$\lambda_{i_1} = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} - c \left( \frac{P_m + \Delta P_{\text{наг}}}{P_0} - \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} \right);$$

- определяем коэффициент подачи невидимых потерь в компрессоре 1 ступени:

$$\lambda_{w1}' = \frac{T_0}{T_m} = \frac{t_0 + 273}{t_m + 273};$$

- определяем коэффициент подачи компрессора 1 ступени:

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.33/52

$$\lambda_1 = \lambda_{i_1} * \lambda'_{w_1};$$

- определяем действительный объем, описываемый компрессором 1 ступени:

$$V_{h1} = \frac{V_{\partial 1}}{\lambda_1} [m^3 / кВт];$$

- определяем индикаторный к.п.д. компрессора 1 ступени:

$$\eta_{i1} = \lambda'_{w1} + b * t_0;$$

- определяем адиабатическую мощность компрессора 1 ступени:

$$N_{a\partial 1} = G_1 * l_{KM1} [кВт];$$

- определяем индикаторную мощность компрессора 1 ступени:

$$N_{i1} = \frac{N_{a\partial 1}}{\eta_{i1}} [кВт];$$

- определяем эффективную мощность компрессора 1 ступени:

$$N_{e1} = \frac{N_{i1}}{\eta_{Mex1}} [кВт];$$

- определяем мощность электродвигателя компрессора 1 ступени:

$$N_{\partial e1} = \frac{N_{e1}}{\eta_{\partial e1}} [кВт];$$

Расчет поршневого компрессора на 2 ступени

- определяем количество хладагента, поступающего на компрессор 2 ступени:

$$G_2 = G_1 \quad \text{- для хладонов,}$$

$$G_2 = G_1 + G_1 * \frac{(i_2 - i_3)}{(i_3 - i_7)} [кг / с] \quad \text{- для аммиака;}$$

- определяем теоретическую подачу компрессора 2 ступени:

$$V_{\partial 2} = G_2 * v_{ec} [m^3 / с]; \quad \text{где} \quad v_{ec} = v_3;$$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.34/52

- определяем коэффициент подачи видимых потерь в компрессоре 2 ступени:

$$\lambda_{i2} = \frac{P_0 - \Delta P_{вс}}{P_m} - c \left( \frac{P_m + \Delta P_{нас}}{P_m} - \frac{P_0 - \Delta P_{вс}}{P_m} \right);$$

- определяем коэффициент подачи невидимых потерь в компрессоре 2 ступени:

$$\lambda'_{w2} = \frac{T_m}{T_k} = \frac{t_m + 273}{t_k + 273};$$

- определяем коэффициент подачи компрессора 2 ступени:

$$\lambda_2 = \lambda_{i2} * \lambda'_{w2};$$

- определяем действительный объем, описываемый компрессором 2 ступени:

$$V_{h2} = \frac{V_{\partial 2}}{\lambda_2} [м^3 / кВт];$$

- определяем адиабатическую мощность компрессора 2 ступени:

$$N_{a\partial 2} = G_2 * l_{KM2} [кВт];$$

- определяем индикаторный к.п.д. компрессора 2 ступени:

$$\eta_{i2} = \lambda'_{w2} + b + t_m;$$

- определяем эффективную мощность компрессора 2 ступени:

$$N_{i2} = \frac{N_{a\partial 2}}{\eta_{i2}} [кВт];$$

- определяем эффективную мощность компрессора 2 ступени:

$$N_{e2} = \frac{N_{i2}}{\eta_{Mex2}} [кВт];$$

- определяем мощность электродвигателя компрессора 1 ступени:

$$N_{\partial 62} = \frac{N_{e2}}{\eta_{\partial 62}} [кВт]$$

Определение нагрузки на конденсатор

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.35/52

Расчет нагрузки на конденсатор производится после расчета компрессора второй ступени.

- определяем нагрузку на конденсатор первым способом:

$$Q_k = Q_0 + N_{i1} + N_{i2} \text{ [кВт]};$$

- определяем нагрузку на конденсатор вторым способом:

$$Q_k = G_2 * q_k \text{ [кВт]};$$

Если обе величины нагрузки на конденсатор примерно или точно равны, то все расчеты циклов и компрессоров выполнены правильно.

Если значения нагрузки получились разными в небольших пределах, то для расчета конденсатора выбираем наибольшее значение.

Подбор компрессоров 1 и 2 ступеней

По расчетным данным подбираем стандартные компрессоры на каждую ступень отдельно:

ПКМ на 1 ступень – по расчетным значениям  $V_{h1}$  и  $N_{\partial 61}$ ;

ПКМ на 2 ступень – по расчетным значениям  $V_{h2}$  и  $N_{\partial 62}$ ;

Примечание: Если при расчете двухступенчатого агрегата необходимо на 1 ступень поставить винтовой компрессор, на 2 ступень поставить поршневой компрессор, то цикл в диаграмме будет выглядеть так

В этом случае необходимо производить расчет так:

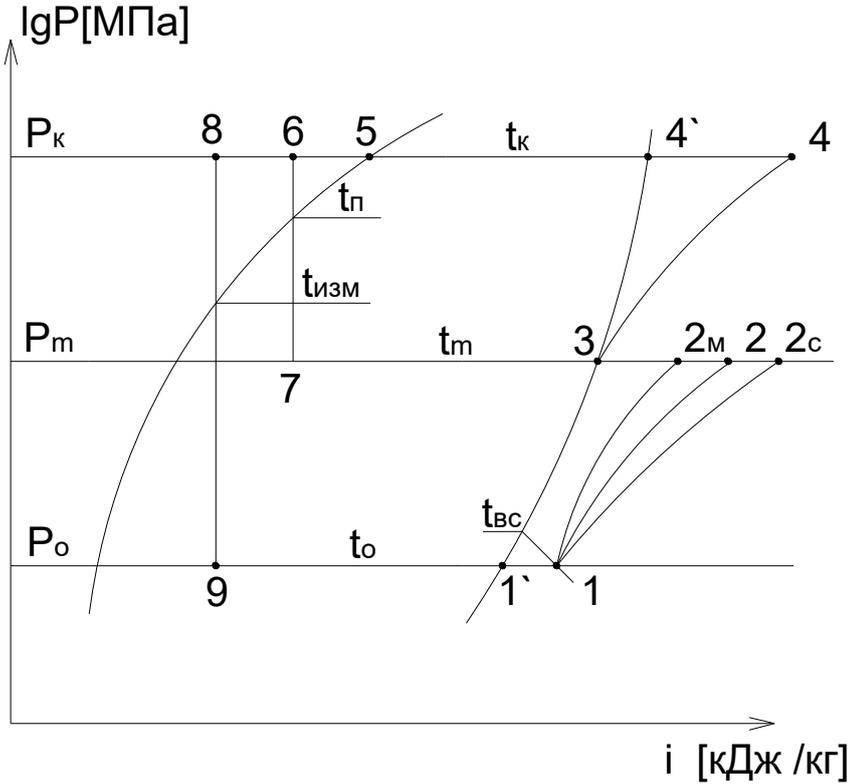
- 1 ступень – расчет винтового одноступенчатого компрессора,

- 2 ступень – расчет второй ступени двухступенчатого поршневого

Компрессора.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.36/52

Рис. 6.2 Цикл двухступенчатой холодильной машины с винтовым компрессором на первой ступени



МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.37/52

## 4.2 Расчет и подбор теплообменных аппаратов

### 4.2.1 Расчет и подбор конденсаторов

Определяем теплопередающую поверхность конденсатора:

$$F_{к\delta} = \frac{\sum Q_{\kappa}}{K_{к\delta} * \theta_m} [m^2];$$

где  $K_{к\delta} = (700 \div 1000) [Вт / m^2 * K]$  - коэффициент теплопередачи конденсатора,

$$\theta_m = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{2,3 * \lg \frac{t_{\kappa} - t_{w1}}{t_{\kappa} - t_{w2}}} [^{\circ}C];$$

Определяем количество циркулирующей воды в конденсаторе:

$$V_w = \frac{\sum Q_{\kappa}}{C_w * \rho_w * (t_{w2} - t_{w1})} [m^3 / c];$$

где  $\sum Q_{\kappa}$  – суммарная нагрузка на конденсатор,

$$\sum Q_{\kappa} = Q_{\kappa}^{t01} + Q_{\kappa}^{t02} [кВт];$$

$C_w = 4,19 [кДж / кг * K]$  - теплоемкость воды,

$\rho_w = 1000 [кг / m^3]$  - плотность пресной воды,

$\rho_w = 1090 [кг / m^3]$  - плотность морской воды,

По расчетным данным подбираем:

по  $F_{к\delta}$  - два стандартных конденсатора;

по  $V_w$  - два рабочих водяных насоса + один резервный.

После подбора выписать техническую характеристику конденсаторов и водяных насосов в табличной форме.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.38/52

#### 4.2.2 Расчет и подбор испарителя

Определяем температуру холодного и теплого рассола:

$$t_{p2} = t_0 + 5 \text{ [}^\circ\text{C]} - \text{температура рассола на выходе из испарителя.}$$

$$t_{p1} = t_{p2} + (3 \div 5) \text{ [}^\circ\text{C]} - \text{температура рассола на входе в испаритель.}$$

Определяем теплопередающую поверхность испарителя:

$$F_u = \frac{Q_0}{K_u * \theta_m} \text{ [м}^2\text{]}$$

где  $Q_0$  - тепловая нагрузка на испаритель,

$$K_u = (460 \div 550) \text{ [Вт/м}^2 \cdot \text{К]} - \text{для аммиака,}$$

- коэффициент теплопередачи

$$K_u = (230 \div 350) \text{ [Вт/м}^2 \cdot \text{К]} - \text{для хладонов, испарителя.}$$

$$\theta_m = \frac{t_{p1} - t_{p2}}{2,3 * \lg \frac{t_{p1} - t_0}{t_{p2} - t_0}} \text{ [}^\circ\text{C]} - \text{средняя логарифмическая разность температур.}$$

Определяем количество циркулирующего рассола:

$$V_p = \frac{Q_0}{C_p * \xi_p * (t_{p1} - t_{p2})} \text{ [м}^3\text{/с]};$$

где  $C_p$  - теплоёмкость рассола,

- определяются по таблицам учебника в

$\xi_p$  - плотность рассола, замерзания рассола и средней температуры рассола.

$$t_p = \frac{t_{p1} - t_{p2}}{2} \text{ [}^\circ\text{C]} - \text{средняя температура рассола,}$$

$$t_{зам} = t_0 - (5 \div 8) \text{ [}^\circ\text{C]} - \text{температура замерзания рассола.}$$

По расчётным данным подбираем:

по  $F_{И}$  - один стандартный испаритель,

*Документ управляется программными средствами TRIM-QM  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в TRIM-QM*

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.39/52

по  $V_p$  - один рабочий рассольный насос + один резервный.

После подбора выписать техническую характеристику испарителя и рассольных насосов в табличной форме.

#### 4.2.3 Расчёт и подбор батарей

Расчёт и подбор батарей производится для каждого трюма отдельно.

Расчёт общей теплопередающей поверхности батарей в трюме:

$$F_{\sigma} = \frac{Q_0^{\sigma}}{K_{\sigma} * \Delta t_m} [M^2];$$

где  $Q_0^{\sigma}$  - теплоприток к охлаждающим батареям в трюме Вт;

$K_{\sigma}$  - коэффициент теплопередачи батарей,

$K_{\sigma} = (6 \div 10) [Bm / M^2 * K]$  - для гладкотрубных аммиачных батарей,

$K_{\sigma} = (3,5 \div 5) [Bm / M^2 * K]$  - для хладоновых батарей с оребрённой поверхностью.

$\Delta t_m$  - температурный напор между кипящим хладагентом и средней температурой воздуха в трюме,

$$\Delta t_m = (10 \div 12) [^{\circ}C]$$

Определяем длину одной батареи, состоящей из стандартных секций.

Стандартные секции имеют определённые конструктивные размеры.

Поэтому из стандартных секций можно получить батареи практически любой длины и поверхности.

В курсовом проекте принимают следующие конструктивные размеры секций:

- СК – коллекторная секция:  $l_{ск} = 2,75[M]$  ;

$$f_{ск} = 20,7[M^2];$$

- СС – средняя секция:  $l_{cc} = 3[M]$  ;  $f_{cc} = 22,8[M^2]$  ;

$$l_{cc} = 4,5[M] ; \quad f_{cc} = 34,5[M^2] ;$$

$$l_{cc} = 6[M] ; \quad f_{cc} = 46,3[M^2] ;$$

Набираем длину батареи так, чтобы она была на 2 метра меньше длины трюма :

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.40/52

$$l_{\bar{o}} = l_{ck} + n * l_{cc} + l_{ck} [м];$$

$$l_{\bar{o}} = l_{mp} - 2м [м];$$

где  $n$  – количество средних секций одинаковой или разной длины.

Определение поверхности одной батареи:

$$f_{\bar{o}} = f_{ck} + n * f_{cc} + f_{ck} [м^2];$$

Примечание: Длина и поверхность средних секций может быть любого набора.

Определяем количество батарей:

$$n_{\bar{o}} = \frac{F_{\bar{b}}}{f_{\bar{o}}} [шт]; \quad - \text{ количество батарей необходимо округлить до целого числа.}$$

Определяем фактическую поверхность всех батарей в трюме:

$$F_{\bar{o}}^{фак} = n_{\bar{o}}^{фак} * f_{\bar{o}} [м^2];$$

Определяем количество хладагента в батареях трюма:

$$V_{x.a.} = \frac{F_{\bar{o}}^{фак} * \sigma}{f} [м^3]$$

где  $\sigma$  - объём одного метра трубы;  $\sigma = 860 * 10^{-6} [м]$

$f$  - площадь поверхности 1 метра трубы  $f = 0,93 [м^2]$

#### 4.2.4 Расчет и подбор переохладителя.

Определение теплопередающей поверхности переохладителя:

$$F_{no} = \frac{Q_{no}}{K_{no} * \Delta t_{cp}} [м^2]$$

где  $Q_{no}$  - тепловая нагрузка на переохладитель,

$$Q_{no} = \Sigma(G * q_{no}) [Вт]$$

$K_{no}$  - коэффициент теплопередачи переохладителя,

$$K_{no} = (465 \div 700) [Вт / м^2 * К]$$

$\Delta t_{cp}$  - средний температурный напор хладагента и воды:

$$\Delta t_{cp} = (4 \div 5) [^{\circ}C]$$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.41/52

По расчётному значению  $F_{no}$  выбираем стандартный переохладитель и выписываем его техническую характеристику в табличной форме.

Примечание: Если поверхность переохладителя по-расчету получилась небольшой, то необходимо эту поверхность сложить с поверхностью конденсатора и подобрать стандартный конденсатор с учётом этой поверхностью.

В этом случае считается, что процесс переохлаждения происходит в конденсаторе.

#### 4.2.5 Расчёт и подбор регенеративного теплообменника

Определение теплопередающей поверхности регенеративного теплообменника:

$$F_{TO} = \frac{Q_{TO}}{K_{TO} * \Delta t_{CP}} [M^2]$$

где  $Q_{TO}$  - тепловая нагрузка на регенеративный теплообменник,

$$Q_{TO} = G * q_{TO} [Bm]$$

$K_{TO}$  - коэффициент теплопередачи регенеративного теплообменника,

$$K_{TO} = (100 \div 200) [Bm / M^2 * K]$$

$\Delta t_{CP}$  - средняя разность температур между жидким хладагентом и паром хладагента в регенеративном теплообменнике.

$$\Delta t_{CP} = \frac{t_K + t_{II}}{2} - \frac{t_0 + t_{BC}}{2} [^{\circ}C]$$

По расчётному значению  $F_{TO}$  подбираем стандартный регенеративный теплообменник и выписываем его техническую характеристику в табличной форме.

Примечание: Расчёт регенеративного теплообменника производится на каждую температуру кипения.

#### 4.2.6 Расчёт водяного теплообменника

Водяной теплообменник устанавливается в двухступенчатой холодильной машине между компрессором 1 ступени и компрессором 2 ступени, работающей на хладоне.

Определение теплопередающей поверхности водяного теплообменника:

*Документ управляется программными средствами TRIM-QM  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в TRIM-QM*

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.42/52

$$F_{TO_w} = \frac{Q_{TO_w}}{K_{TO_w} * \Delta t_m} [M^2]$$

где  $Q_{TO_w}$  - тепловая нагрузка на водяной теплообменник,

$$Q_{TO_w} = G_I * q_{ПК} [Вт]$$

$K_{TO_w}$  - коэффициент теплопередачи водяного теплообменника,

$$K_{TO_w} = (100 \div 200) [Вт / M^2 * K]$$

$\Delta t_m$  - средняя разность температур между водой и паром хладагента,

$$\Delta t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - \frac{t_2 - t_1}{2} [^{\circ}C]$$

По расчётному значению подбираем стандартный водяной, и выписать его техническую характеристику в табличной форме.

### 4.3 Расчёт и подбор вспомогательного оборудования

#### 4.3.1 Расчёт и подбор ресиверов

Расчёт и подбор линейного ресивера

$$V_{LP} = \frac{(0,3 \div 0,6) * V_{СИСТ}}{0,5} * 1,2 [M^3]$$

где  $(0,3 \div 0,6)$  коэффициент заполнения жидким хладагентом испарительной системы:

0,3 – верхняя подача жидкого хладагента,

0,6 – нижняя подача жидкого хладагента.

0,5 – коэффициент, учитывающий норму заполнения ресивера при эксплуатации,

1,2 – коэффициент запаса,

$V_{СИСТ}$  - объём испарительной системы по хладагенту всех трюмов:

$$V_{СИСТ} = V_{x.a.} + V_{x.a.} + V_{x.a.} [M^3]$$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.43/52

По расчётному значению  $V_{лр}$  подобрать стандартный линейный ресивер и выписать его техническую характеристику в табличной форме.

Расчёт и подбор циркуляционного ресивера

$$V_{ур} = (0,7 \div 1,0) * V_{суб} [M^3]$$

где 0,7 – коэффициент при нижней подачи хладагента в систему,

1,0 – коэффициент при верхней подачи хладагента в систему,

$V_{сист}$  - объём испарительной системы трюмов для одной температуры кипения жидкого хладагента,

Примечание: Циркуляционный ресивер подбирается для каждой температуры кипения жидкого хладагента.

По расчёту значению  $V_{ц.р.}$  подбираем стандартный циркуляционный ресивер и выписываем его техническую характеристику в табличной форме.

Расчёт и подбор защитного ресивера

$$V_{з.р.} = 0,35 * V_{сист} [M^3]$$

где 0,35 – коэффициент заполнения защитного ресивера,

$V_{сист}$  - объём испарительной системы по хладагенту для трюмов с одинаковой температурой кипения жидкого хладагента

Примечание: Защитный ресивер подбирается для каждой температуры кипения жидкого хладагента.

По расчётному значению  $V_{з.р.}$  подбираем стандартный защитный ресивер и выписываем его техническую характеристику в табличной форме.

Расчёт и подбор дренажного ресивера

$$V_{д.р.} = \frac{V_{п.о}}{0,8} * 1,2 [M^3]$$

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.44/52

где  $0,8$  – коэффициент заполнения дренажного ресивера,

$1,2$  – коэффициент запаса,

$V_{П.О}$  - объём приборов охлаждения самого большого трюма по количеству хладагента

По расчётному значению  $V_{Д.Р.}$  подбираем стандартный дренажный ресивер и выписываем его техническую характеристику.

#### 4.3.2 Расчёт и подбор промежуточного сосуда

Выбор промежуточного сосуда производится по площади теплопередающей поверхности змеевика.

$$F_{з.м} = \frac{Q_{з.м} * 10^3}{K * \theta_{ср}} [м^2]$$

где  $Q_{з.м} = G_I * q_{з.м} [кВт]$  - тепловой поток в змеевике,

$K = (580 \div 700) [Вт / м^2 * К]$  -коэффициент теплопередачи змеевика,

$\theta_{ср}$  - средняя логарифмическая разность температур,

$$Q_{ср} = \frac{t_6 - t_8}{2.3 * \lg \frac{t_6 - t_m}{t_8 - t_m}} [^{\circ}C] - \text{смотри двухступенчатый цикл,}$$

По расчётному значению  $F_{з.м}$  подобрать стандартный промежуточный сосуд и выписать его техническую характеристику в табличной форме.

#### 4.3.3 Подбор отделителя жидкости

Отделитель жидкости подбирается по диаметру всасывающего патрубка компрессора на каждую температуру кипения.

Отделитель жидкости устанавливается в паре с горизонтальным циркуляционным или защитным ресивером, в зависимости от способа подачи жидкого хладагента в испарительную систему.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.45/52

#### 4.3.4 Подбор маслоотделителей

Маслоотделители подбираются по диаметру нагнетательного патрубка компрессора.

Маслоотделители подбираются и устанавливаются после каждого компрессора.

Примечание: Если подобран агрегат, то маслоотделитель можно не подбирать.

#### 4.3.5 Подбор маслосборника

В судовых холодильных установках предусматривается централизованный сбор масла из аппаратов схемы.

Для курсового проекта необходимо подобрать один маслосборник небольшого объёма и выписать его техническую характеристику в табличной форме.

#### 4.3.6 Подбор воздухоотделителя

Для курсового проекта необходимо подобрать один воздухоотделитель, в зависимости от хладагента:

- для аммиака – АВ – 4,
- для хладона – хладоновый воздухоотделитель.

### 4.4 Сводная таблица холодильного оборудования.

После расчета и подбора всех элементов судовой холодильной установки составляем сводную таблицу холодильного оборудования, где указываем основные параметры стандартного холодильного оборудования.

На основании сводной таблицы холодильного оборудования составляем схему судовой холодильной установки в соответствии с заданием на курсовое проектирование и с учетом требований, предъявляемых к оформлению графической части курсового проекта.

Стандартное холодильное оборудование заносим в таблицу № 6.

Таблица № 6 Сводная таблица холодильного оборудования

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.46/52

п/п	Наименование холодильного оборудования	Марка стандартного оборудования	Техническая характеристика оборудования	Кол- во	Примечание
1.	Одноступенчатый поршневой ком- прессор	П-110	$V_h = 300,6 [м^3 / час]$ $Q_0 = 127,5 [кВт]$ $N_{\partial в} 37 [кВт]$	1	

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.47/52

## **5. Организация технической эксплуатации и обслуживанию холодильного оборудования.**

### **5.1 Требования по технической эксплуатации и обслуживанию холодильного оборудования.**

Эксплуатация судовых холодильных установок представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий, обеспечивающих надежную и безопасную работу установок, а также использование их с максимальной эффективностью.

Используя учебную и справочную литературу в курсовой работе отразить следующие вопросы:

- цели и задачи технической эксплуатации судовой холодильной установки;

*Документ управляется программными средствами TRIM-QM  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в TRIM-QM*

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.48/52

- перечень нормативной документации судовой холодильной установки;
- основные требования по технической эксплуатации холодильного оборудования;
- основные требования по обслуживанию холодильного оборудования;

### **5.2 Обязанности обслуживающего персонала при технической эксплуатации и обслуживании холодильного оборудования.**

В курсовой работе раскрыть вопросы, связанные с общим руководством судовой холодильной установки. Для этого необходимо раскрыть следующие вопросы:

- обязанности рефмеханика при приемке судовой холодильной установки;
- обязанности рефмеханика при технической эксплуатации судовой холодильной установки;
- обязанности рефмашиниста при технической эксплуатации судовой холодильной установки;

### **5.3 Подготовка к пуску, пуск и остановка судовой холодильной установки.**

Главной задачей технической эксплуатации судовой холодильной установки является умение производить пуск и остановку холодильного оборудования. Для безопасной работы и уменьшения затрат на производство холода необходимо правильно подготовить судовую холодильную установку к пуску. Для решения этих мероприятий в курсовой работе раскрыть следующие вопросы:

- подготовка холодильного оборудования к пуску;
- порядок пуска неавтоматизированной и автоматизированной судовой холодильной установки;
- порядок остановки холодильного оборудования на краткосрочную и длительную стоянки;

### **5.4 Техника безопасности при работе в СХУ.**

Главной задачей является получение необходимых знаний о технике безопасности при проведении ремонтных работ, а так же технического обслуживания судовой холодильной машины.

- Раскрыть основные правила ношения одежды.
- Проведение работ с электроинструментом.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.49/52

- Использование газоанализатора с открытым пламенем.
- Ремонт аппаратов высокого давления.

### **5.5 Влияние фреонов на окружающую среду.**

Курсант должен понимать и анализировать свои действия при работе с тем или иным хладагентом на основе хлора. На сегодняшний день ряд стран борются за экологию нашей планеты, при этом создавая правила и законы, которые заставляют людей отвечать материально.

- Дать характеристику R22.
- Сравнить R22 с его озонобезопасными аналогами.

### **5.6 Влияние фреонов и их продуктов распада на человека.**

В сфере холодильного оборудования принято считать фреоны на основе хлора безопасными для человека, но это далеко не так. Данные хладагенты менее опасны в сравнении с R717.

Задачей курсанта является:

- Описать влияние продуктов распада R22 на человека.

В заключении можно раскрыть вопросы, связанные с обслуживанием холодильного оборудования.

### **Заключение**

Выводы и предложения по технической эксплуатации и обслуживанию холодильного оборудования

Заданием на курсовую работу предусмотрена графическая часть, которая включает в себя разработку и выполнение схемы холодильной установки для заданного типа судна.

Схема судовой холодильной установки должна состоять из холодильного оборудования, которое было рассчитано и подобрано в результате расчёта в холодильной части.

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.50/52

Перед составлением схемы судовой холодильной установки необходимо предусмотреть все требования, предъявляемые к схемам:

- поддержание заданного температурного режима в охлаждаемых помещениях;
- простоту в обслуживании и безопасность в работе;
- гибкость в эксплуатации, допускающую переключение оборудования с одних испарительных систем на другие и изменение температурного режима в охлаждаемых помещениях;
- хорошую подачу жидкого хладагента и хладоносителя в приборы охлаждения и быстрый слив жидкости при необходимости освобождения их;
- возможность полной или частичной автоматизации работы установки;
- минимальное влияние гидростатического столба жидкого хладагента на работу приборов охлаждения;
- малую ёмкость системы по хладагенту;
- минимальную коррозию холодильного оборудования и трубопроводов;
- минимальную стоимость монтажа и эксплуатации;

Схема судовой холодильной установки выполняется на листе ватмана форматом А-1 в условных

Обозначениях, предусмотренных стандартом.

После выполнения схемы судовой холодильной установки курсанту необходимо подробно дать описание работы схемы, указать основные параметры по которым анализируется работа схем холодильных установок.

Кроме этого при объяснении работы схемы необходимо уделить внимание степени автоматизации схемы, указать какую автоматическую защиту, сигнализацию и контроль можно применить при эксплуатации схемы.

При описании работы схемы необходимо дать краткую характеристику разводки трубопроводов по хладагенту, воде, маслу. Указать какие вспомогательные трубопроводы предусмотрены в схеме и для чего.

После выполнения полного объёма курсового проекта курсант должен предъявить преподавателю пояснительную записку и графическую часть, затем преподаватель принимает защиту курсового проекта и только после этого он выставляет оценку, учитывающую следующие критерии :

- полные и грамотные ответы при защите;

*Документ управляется программными средствами TRIM-QM  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в TRIM-QM*

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.51/52

- выполнение курсового проекта самостоятельно и в установленные сроки;

МО-15 02 06-МДК 01.01.КР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	С.52/52

### **Список используемой литературы и других источников**

1. Сластихин Ю.Н. "Техническая эксплуатация судовых холодильных установок", 2014
2. Абдульманов Х.А., Балыкова Л.И., Сарайкина И.П. "Холодильные машины и установки, их эксплуатация", 2006
3. Петров Ю.С. "Судовые холодильные машины и установки", Ленинград, "Судостроение", 1991
4. Кондрашова Н.Г. "Холодильное и технологическое оборудование промысловых судов", М., Пищевая промышленность, 1979
5. Мальгин А.Б. Мальгина Н.К. Холодильные машины и установки. М., Пищевая промышленность, 1978
6. Правила технической эксплуатации холодильных установок на судах флота рыбной промышленности, Гипрорыбфлот, М., 1977
7. Морской Регистр РФ.
8. Холодильные компрессоры/Под ред. А.В.Быкова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981
9. Холодильные машины / Под ред. А.В.Быкова – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982
10. Шабанов А.А. Судовые силовые установки, вспомогательные и промысловые механизмы. Ленинград, 1982
11. Правила устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок. М.: Госгортехнадзор, 1999
12. Правила устройств и безопасной эксплуатации хладоновых холодильных установок. –М.: Госгортехнадзор, 1999