

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет Мореходный  
(наименование факультета, к которому относится кафедра)

Кафедра Технологические машины и оборудование  
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан мореходного факультета  
Труднев С.Ю.

« 02 » 02 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

***«Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок»***

направление  
подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника  
и системы жизнеобеспечения»

направленность  
(профиль) «Холодильная техника и технологии»

Петропавловск-Камчатский,  
2019 г.

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО по направлению подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» (уровень бакалавриата) в соответствии с рабочим учебным планом подготовки бакалавров ФГБОУ ВО «КамчатГТУ», одобренным Ученым советом вуза (протокол № 8 от 17.04.2019 г.)

Составитель рабочей программы

доцент (подпись) Сарайкина И.П.  
(должность, ученое звание, степень) (Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры ТМО  
(наименование кафедры)

Протокол № 8 от «4» 03 2019

«19» 03 2019 (подпись) Костенко А.В.  
(Ф.И.О.)

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Дисциплина «Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок» является одной из основных профильных дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по направлению 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» (профиль «Холодильная техника и технологии»).

*Целью* преподавания дисциплины является подготовка специалистов к эксплуатации и проектированию:

- освоение теплогидравлических и конструктивных расчетов теплообменных аппаратов, используемых в низкотемпературной технике.

*Задачей* курса является формирование навыков и умений по следующим направлениям деятельности:

- тепло - массообменные процессы, протекающие в тепломассообменных аппаратах для получения низких температур;
- устройство основных тепломассообменных аппаратов, принцип действия, назначение и использование их в пароконденсационных, абсорбционных, газовых холодильных машинах и тепловых насосах и вспомогательное оборудование;
- методы оценки термодинамической эффективности оборудования;
- методики расчета и выбора стандартного основного и вспомогательного оборудования холодильных машин.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок» направлен на формирование *профессиональных компетенций* (ПК) в области проектно-конструкторской деятельности, на которые ориентирована программа бакалавриата:

- готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам (ПК-3);
- готовностью участвовать в работах по технико-экономическим обоснованиям проектируемых образцов низкотемпературной техники, по составлению отдельных видов технической документации машин и аппаратов, их элементов и сборочных единиц (ПК-11);
- способностью выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов (ПК-13);
- способностью разрабатывать планы на отдельные виды работ и контролировать их выполнение (ПК-22)

Перечень планируемых результатов обучения при изучении дисциплины приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1. – Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ПК-3	готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-	<i>знать:</i> – методы выполнения расчетно-экспериментальной работы и решения научно-технических задач в	З(ПК-3)1

	технические задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам	области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам	
		<i>уметь:</i> – разрабатывать методы расчетно-экспериментальной работы и методы решения научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам	У(ПК-3)1
		<i>владеть навыками:</i> – разработки методов расчетно-экспериментальной работы и методов решения научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам	В(ПК-3)1
ПК-13	способностью выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов (ПК-13)	<i>знать:</i> – методы расчетно-экспериментальной работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов	З(ПК-13)1
		<i>уметь:</i> – разрабатывать методы расчетно-экспериментальной работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов;	У(ПК-13)1
		<i>владеть навыками:</i> – разработки методов расчетно-экспериментальной работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов;	В(ПК-13)1

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок» является вариативной дисциплиной в структуре образовательной программы по подготовке бакалавров по направлению 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и систем жизнеобеспечения».

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при освоении дисциплин: «Высшая математика», «Физика», «Инженерная и компьютерная графика», «Теоретическая механика», «Теория механизмов и машин», «Сопrotивление материалов», «Механика жидкости и газов», «Материаловедение», «Детали машин и основы конструирования», «Технология конструкционных материалов».

Знания, умения и навыки, приобретенные в результате изучения дисциплины, используются при изучении профильных дисциплин учебного плана: «Теоретические основы холодильной техники», «Основы теории кондиционирования воздуха», «Теория и расчет циклов криогенных систем», «Научные основы криологии», «Низкотемпературные машины», «Холодильные машины и установки» и «Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок»

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом подготовки бакалавров по направлению 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» преподавание дисциплины реализуется в течение 17 недель 7 семестров обучения.

Тематический план дисциплины по очной форме обучения представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1. – Тематический план дисциплины по очной форме обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по дисциплине
			Лекции	Семинары (практические занятия)	Лабораторные работы			
<b>Раздел 1. Материалы, теплоносители теплообменных аппаратов, основы расчета</b>	<b>39</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>О</b>	
Тема 1. Основные понятия и определения, классификация теплообменных аппаратов	7	2	2			5	ПО	
Тема 2. Материалы аппаратов криогенной техники.	7	2	2			5	ПО	
Тема 3. Теплоносители криогенной техники.	7	2	2			5	ПО	
Тема 4. Основы расчета теплообменных аппаратов.	11	6	2	4		5	ПО ПР	
Тема 5. Показатель качества теплообменных аппаратов.	7	2	2			5	ПО	
<b>Раздел 2. Конденсаторы, их классификация</b>	<b>81</b>	<b>51</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>О</b>	
Тема 6. Классификация теплообменных аппаратов по конструктивным признакам.	7	2	2			5	ПО	
Тема 7. Основы расчета теплообменных аппаратов	7	2	2			5	ПО	
Тема 8. Вертикальный кожухотрубный и оросительный конденсаторы	20	15	2	6	7	5	ПО ЛР ПР	

Тема 9. Испарительный конденсатор.	11	6	2	4		5	ПО ПР	
Тема 10. Конденсаторы со свободным и вынужденным движением воздуха.	25	20	2	4	14	5	ПО ЛР	
Тема 11. Другие виды теплообменных аппаратов	11	6	2	4		5	ПО ПР	
<b>Раздел 3. Испарители, их классификация</b>	<b>67</b>	<b>37</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>30</b>	<b>О</b>	
Тема 12. Конденсаторы-испарители	7	2	2			5	ПО	
Тема 13. Классификация испарителей. Хладоносители	14	9	2		7	5	ПО ЛР	
Тема 14. Испарители с внутритрубным кипением холодильного агента	11	6	2	4		5	ПО ПР	
Тема 15 Воздухоохладители	17	12	2	4	6	5	ПО ЛР ПР	
Тема 16. Мокрые воздухоохладители	7	2	2			5	ПО	
Тема 17. Пластинчатые теплообменники.	11	6	2	4		5	ПО	
<b>Курсовой проект</b>	<b>38</b>							
<b>Экзамен</b>	<b>27</b>							<b>27</b>
<b>Всего</b>	<b>252</b>	<b>102</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>123</b>		<b>27</b>

Примечание; О – опрос; ПО – письменный опрос; ЛР – лабораторная работа; КП – курсовой проект.

Тематический план дисциплины по заочной форме обучения представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2. – Тематический план дисциплины по заочной форме обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по дисциплине
			Лекции	Семинары (практические занятия)	Лабораторные работы			
<b>Раздел 1. Материалы, теплоносители теплообменных аппаратов, основы расчета</b>	<b>38</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>О ЛР ПР</b>	
<b>Раздел 2. Конденсаторы, их классификация</b>	<b>42</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>30</b>	<b>О ЛР ПР</b>	
<b>Раздел 3. Испарители, их классификация</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>О ЛР ПР</b>	
<b>Курсовой проект</b>	<b>45</b>					<b>45</b>		

<b>Экзамен</b>	<b>9</b>							<b>9</b>
<b>Всего</b>	<b>252</b>	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>215</b>		

*Примечание; О – опрос; ПО – письменный опрос; ЛР – лабораторная работа; КП – курсовой проект.*

## **Раздел 1. Материалы, теплоносители теплообменных аппаратов, основы расчета**

### **Тема 1. Основные понятия и определения, классификация теплообменных аппаратов**

*Лекция.* Основные понятия и определения, классификация теплообменных аппаратов.

*Рассматриваемые вопросы.* Роль теплообменных аппаратов в криогенной технике. Классификация теплообменных аппаратов. Влияние эффективности теплообменных аппаратов на эффективность криогенных установок. Требования, предъявляемые к теплообменным аппаратам.

*Основные понятия темы:* Теплообменные аппараты, их устройство, принцип работы, классификация, требования.

### **Тема 2. Материалы аппаратов криогенной техники**

*Лекция.* Материалы аппаратов криогенной техники.

*Рассматриваемые вопросы.* Требования к конструкционным материалам. Механические и теплофизические свойства конструкционных материалов. Технологические свойства конструкционных материалов.

*Основные понятия темы:* Свойства конструкционных материалов теплообменных аппаратов.

### **Тема 3. Теплоносители криогенной техники**

*Лекция.* Теплоносители криогенной техники.

*Рассматриваемые вопросы.* Теплоносители низкотемпературной техники. Теплофизические свойства жидких и газообразных теплоносителей. Определение теплофизических свойств теплоносителей. Парогазовые смеси. Влажный воздух. I-d диаграмма влажности воздуха и ее использование для расчетов теплофизических свойств и процессов во влажном воздухе.

*Основные понятия темы:* Свойства теплоносителей низкотемпературной техники.

### **Тема 4. Основы расчета теплообменных аппаратов**

*Лекция.* Основы расчета теплообменных аппаратов.

*Рассматриваемые вопросы.* Особенности гидравлического расчета в каналах теплообменных аппаратов. Теплопередача в теплообменных аппаратах. Интенсификация теплопередачи. Развитые поверхности.

*Основные понятия темы:* Расчет основных показателей теплообменных аппаратов.

*Практическая работа.* Вычисление среднего температурного напора в теплообменных аппаратах.

*Содержание.* Проведение расчета среднего температурного напора.

### **Тема 5. Показатель качества теплообменных аппаратов**

*Лекция.* Показатель качества теплообменных аппаратов.

*Рассматриваемые вопросы.* Стоимостные, технологические, надежность характеристики. Термодинамическая эффективность, осевые теплопритоки, теплопритоки через изоляцию, температурная и гидравлическая неравномерность.

*Основные понятия темы:* Основные характеристики и теплопритоки теплообменных аппаратов.

## **Раздел 2. Конденсаторы, их классификация**

### **Тема 6. Классификация тепломассообменных аппаратов по конструктивным признакам**

*Лекция.* Классификация тепломассообменных аппаратов по конструктивным признакам  
*Рассматриваемые вопросы.* Классификация конденсаторов. Обеспечение основного требования для конденсаторов – высокой интенсивности процесса теплоотдачи. Горизонтальные кожухотрубные конденсаторы для аммиака и хладона. Схема, устройство, преимущества, недостатки.

*Основные понятия темы:* Аммиачные и фреоновые конденсаторы, их классификация, устройство, преимущества и недостатки.

### **Тема 7. Основы расчета тепломассообменных аппаратов**

*Лекция.* Основы расчета тепломассообменных аппаратов.

*Рассматриваемые вопросы.* Основы расчета тепломассообменных аппаратов, теплопередача в тепломассообменных аппаратах. Алгоритм тепло-гидравлического расчета теплообменных аппаратов.

*Основные понятия темы:* Теплообмен в аппаратах, алгоритм теплового расчета.

### **Тема 8. Вертикальные кожухотрубные и оросительные конденсаторы**

*Лекция.* Вертикальные кожухотрубные и оросительные конденсаторы.

*Рассматриваемые вопросы.* Вертикальный кожухотрубный конденсатор. Схема, устройство, преимущество, недостатки. Области применения. Оросительный конденсатор. Схема, устройство, преимущества и недостатки. Области применения. Методика расчета.

*Основные понятия темы:* Схема и устройство вертикального кожухотрубного и оросительного конденсаторов.

*Лабораторная работа.* Конденсаторы с водяным охлаждением.

*Содержание.* Изучение конструкции и принципа работы.

*Практическая работа.* Тепловой, конструктивный расчет горизонтального кожухотрубного конденсатора. Гидравлический и прочностной расчет горизонтального кожухотрубного конденсатора.

*Содержание.* Проведение теплового и конструктивного расчета.

*Практическая работа.* Тепловой, конструктивный, гидравлический расчет оросительного конденсатора.

*Содержание.* Проведение теплового и конструктивного расчета.

### **Тема 9. Испарительный конденсатор**

*Лекция.* Испарительный конденсатор.

*Рассматриваемые вопросы.* Испарительный конденсатор. Схема, устройство, назначение, преимущества, недостатки. Методика расчета. Области применения.

*Основные понятия темы:* Схема и устройство испарительного конденсатора.

*Практическая работа.* Тепловой, конструктивный, гидравлический расчет испарительного конденсатора.

*Содержание.* Проведение теплового и конструктивного расчета.

### **Тема 10. Конденсаторы со свободным и вынужденным движением воздуха**

*Лекция.* Конденсаторы со свободным и вынужденным движением воздуха.



*Рассматриваемые вопросы.* Конденсаторы со свободным движением воздуха. Схемы, устройство, области применения. Конденсаторы с вынужденным движением воздуха. Схемы, устройство, области применения. Методика расчета.

*Основные понятия темы:* Схема и устройство конденсаторов со свободным и вынужденным движением воздуха.

*Лабораторная работа.* Конденсаторы с воздушным охлаждением при естественной конвекции.

*Содержание.* Изучение конструкции и принципа работы.

*Лабораторная работа.* Конденсаторы с воздушным охлаждением при вынужденном движении воздуха.

*Содержание.* Изучение конструкции и принципа работы.

*Практическая работа.* Тепловой, конструктивный, гидравлический расчет воздушных конденсаторов с естественной и вынужденной конвекцией.

*Содержание.* Проведение теплового и конструктивного расчета.

## **Тема 11. Другие виды теплообменных аппаратов**

*Лекция.* Другие виды теплообменных аппаратов.

*Рассматриваемые вопросы.* Поверхностные и контактные аппараты, регенераторы и рекуператоры. Конструктивные особенности и расчет. Конструктивные особенности и расчет прямотрубных, змеевиковых и витых поперечноточных теплообменных аппаратов.

*Основные понятия темы:* Конструкция и расчет регенераторов.

*Практическая работа.* Расчет регенеративных теплообменников.

*Содержание.* Проведение теплового и конструктивного расчета.

## **Раздел 3. Испарители, их классификация**

### **Тема 12. Конденсаторы-испарители**

*Лекция.* Конденсаторы-испарители.

*Рассматриваемые вопросы.* Устройство, назначение и особенности теплового и конструктивного расчета конденсаторов-испарителей.

*Основные понятия темы:* Конструкция и расчет конденсаторов-испарителей.

### **Тема 13. Классификация испарителей. Хладоносители**

*Лекция.* Конденсаторы-испарители. Хладоносители.

*Рассматриваемые вопросы.* Классификация испарителей. Хладоносители. Схема, устройство кожухотрубных испарителей затопленного типа. Преимущества и недостатки. Области применения.

*Основные понятия темы:* Кожухотрубные испарители. Хладоносители.

*Лабораторная работа.* Кожухотрубные и кожухозмеевиковые испарители.

*Содержание.* Изучение конструкции и принципа работы.

### **Тема 14. Испарители с внутритрубным кипением холодильного агента**

*Лекция.* Испарители с внутритрубным кипением холодильного агента.

*Рассматриваемые вопросы.* Схема, устройство испарителей с внутритрубным кипением холодильного агента. Преимущества и недостатки. Области применения.

*Основные понятия темы:* Испарители с внутритрубным кипением холодильного агента.

*Практическая работа.* Тепловой, конструктивный расчет горизонтального кожухотрубного испарителя.

*Содержание.* Проведение теплового и конструктивного расчета.

### **Тема 15. Воздухоохладители**

*Лекция.* Воздухоохладители.

*Рассматриваемые вопросы.* Воздухоохладители. Сухие воздухоохладители. Схемы и устройства. Преимущества и недостатки. Области применения. Методика расчета.

*Основные понятия темы:* Воздухоохладители: виды, схемы, устройства, методика расчета.

*Лабораторная работа.* Воздухоохладители и охлаждающие батареи.

*Содержание.* Изучение конструкции и принципа работы.

*Практическая работа.* Тепловой, конструктивный расчеты воздушных испарителей с вынужденной конвекцией.

*Содержание.* Проведение теплового и конструктивного расчета.

### **Тема 16. Мокрые воздухоохладители**

*Лекция.* Мокрые воздухоохладители.

*Рассматриваемые вопросы.* Мокрые воздухоохладители. Схемы и устройства. Преимущества и недостатки. Области применения. Методика расчета.

*Основные понятия темы:* Устройство и методика расчета мокрых воздухоохладителей.

### **Тема 17. Пластинчатые теплообменники**

*Лекция.* Пластинчатые теплообменники.

*Рассматриваемые вопросы.* Пластинчатые теплообменники. Устройство, преимущество и недостатки. Области применения.

*Основные понятия темы:* Устройство и методика расчета пластинчатых теплообменников.

*Практическая работа.* Тепловой и конструктивный расчет пластинчатого конденсатора.

*Содержание.* Проведение теплового и конструктивного расчета.

## **4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Самостоятельная работа студентов (СРС) включает следующие виды работ:

- проработка (углубленное изучение) лекционного материала, работа с конспектами лекций;
- подготовка к выполнению и защите лабораторных работ;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- подготовка к текущему (опрос, тестирование) и итоговому контролю знаний по дисциплине.

## **5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ЭКЗАМЕН)**

1. Классификация конденсаторов Обеспечение основного требования для конденсаторов - высокой интенсивности процесса передачи тепла.
2. Вычисление среднего температурного напора при постоянной и переменной теплоемкостях теплоносителя.
3. Теплопередача в теплообменниках. Интенсификация теплопередачи. Развитые поверхности теплообмена.
4. Теплоносители низкотемпературной техники. Теплофизические свойства жидких и газообразных теплоносителей. Определение теплофизических свойств теплоносителей.
5. Влажный воздух. I-d диаграмма влажности воздуха и ее использование для расчетов теплофизических свойств и процессов во влажном воздухе.
6. Требования к конструкционным материалам теплообменников. Механические и теплофизические свойства конструкционных материалов. Технологические свойства конструкционных материалов
7. Роль теплообменников в криогенной технике. Классификация теплообменников.
8. Схема, устройство и принцип действия аммиачного кожухотрубного конденсатора. Преимущества и недостатки.
9. Схема, устройство и принцип действия фреонового горизонтального кожухотрубного конденсатора. Преимущества и недостатки.
10. Схема, устройство и принцип действия вертикального кожухотрубного конденсатора. Преимущества и недостатки.
11. Теплообмен при вынужденном движении внутри труб и каналов. Критериальные уравнения. Определение коэффициента теплоотдачи.
12. Схема, устройство и принцип действия оросительного конденсатора. Преимущества и недостатки.
13. Схема, устройство и принцип действия испарительного конденсатора. Преимущества и недостатки. Область применения.
14. Воздушные конденсаторы со свободным движением воздуха. Устройство, области применения.
15. Воздушные конденсаторы с вынужденным движением воздуха. Устройство, области применения.
16. Схема, устройство и принцип действия аммиачного кожухотрубного испарителя затопленного типа. Преимущества и недостатки. Область применения.
17. Устройство и принцип действия фреоновых кожухотрубных испарителей.
18. Устройство и область применения панельных испарителей. Преимущества и недостатки.
19. Схема устройства кожухотрубных испарителей с кипением холодильного агента внутри труб.
20. Схема и устройство камерных приборов тихого охлаждения.
21. Схема, устройство и назначение испарителей для охлаждения воздуха. (Сухие воздухоохладители).
22. Методика расчета кожухотрубного конденсатора по зонам.
23. Методика расчета кожухотрубного испарителя графоаналитическим способом.
24. Методика расчета сухого воздухоохладителя.
25. Методика расчета воздушных конденсаторов.
26. Методика расчета мокрого воздухоохладителя.
27. Методика расчета испарительного конденсатора.
28. Место и роль теплообменников в схеме низкотемпературной установки.
29. Схема и устройство фреоновых регенеративных теплообменников. Назначение. Методика расчета.

30. Методика теплового расчета горизонтального кожухотрубного конденсатора графоаналитическим способом.
31. Конструктивный и гидравлический расчет кожухотрубного конденсатора.
32. Расчет камерных приборов охлаждения - охлаждающие батареи.
33. Влияние теплообменных аппаратов на стоимость и энергетические затраты в установках низкотемпературных систем. Требования, предъявляемые к теплообменным аппаратам.
34. Пути интенсификации передачи тепла в теплообменных аппаратах низкотемпературных систем.
35. Определение тепловых нагрузок и средней разности температур в теплообменных аппаратах низкотемпературных систем.
36. Схема, устройство пластинчатых теплообменников. Преимущества и недостатки.
37. Использование пластинчатых теплообменников в качестве испарителей и конденсаторов в холодильных системах.
38. Сравнительный технико-экономический анализ кожухотрубных и пластинчатых теплообменников в низкотемпературных системах.
39. Схема и устройство конденсаторов - испарителей. Назначение. Методика расчета.
40. Особенности гидравлического расчета в каналах теплообменных аппаратов.

## **6. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### *Основная литература*

1. Холодильные машины. Под общ. ред. Тимофеевского Л.С.-СПб.: Политика, 2006.- 944 с. (40 экз.)
2. Абдульманов Х.А., Балыкова Л.И., Сарайкина И.П. Холодильные машины и установки, их эксплуатация. – М.: Колос, 2006. - 328 с. (17 экз.)

### *Дополнительная литература*

1. Архаров А.М. и др. Криогенные системы. М.: Машиностроение, 1999.- 719 с.
  2. Холодильные машины. Под общ. ред. Сакуна И.А. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. – 510 с.
  3. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин. Под общ. ред. Сакуна И.А. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд – ние.-1985. – 423 с.
  4. Архаров А.М., Марфенина И.В., Микулин Е.И. «Криогенные системы». Т.1. Основы теории и расчета. – Машиностроение, 1996. – 576 с.
  5. Соколов Е.Я., Броднянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.
  6. Данилова Г.Н., Богданов С.Н., Иванов О.П и др. Теплообменные аппараты холодильных установок. – Л.: Машиностроение, 1973. – 328 с.
  7. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.П. Холодильная техника. Свойства веществ. Справочник. – М.: Агропромиздат. –1985. – 206 с.
  8. Доссат Рой Дж. Основы холодильной техники. Пер. с английского. – М.: Легкая и пищевая пром-ть/ –1984. – 520 с.
  9. Журналы «Холодильная техника»;
  10. Журналы «Холодильный бизнес»;
  11. Журналы «Империя холода».
- Григорьев В.А., Крохин Ю.И. Теплообменные аппараты криогенной техники. М.: Энергоиздат, 1982. - 311 с.

### *Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»*

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: [сайт]. URL: <http://www.elibrary.ru>;
2. Камчатский государственный университет: [сайт]. URL: <http://www.kamchatgtu.ru>;
3. <http://www.holodilshchik.ru>;

4. <http://www.bitzer.ru>;
5. <http://www.danfoss.com/ru-ru>.

### *Методические указания*

1. Теплообменные аппараты низкотемпературных установок: Лабораторный практикум / И. П. Сарайкина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019.

## **7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

При изучении дисциплины рекомендуется использовать методические указания (Теплообменные аппараты низкотемпературных установок: Лабораторный практикум / И. П. Сарайкина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019) которые содержат:

- краткую характеристику дисциплины;
- цели и задачи изучения дисциплины;
- содержание дисциплины;
- рекомендации по организации самостоятельной работы студентов;
- методические указания к выполнению лабораторных работ;
- методические указания к выполнению практических работ;
- содержание, варианты заданий и методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы;
- перечень вопросов к промежуточной аттестации (экзамену);
- рекомендуемую литературу.

## **8. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)**

Курсовая работа по дисциплине «теплообменные аппараты низкотемпературных установок» призван закрепить теоретический материал курса, показать практическое приложение методов расчета и дать навыки расчета и проектирования теплообменных аппаратов.

*Цель курсового проектирования* – дать студентам навыки в области инженерных расчетов и конструирования теплообменных аппаратов, а также его отдельных узлов и деталей с увязкой их взаимодействия.

В процессе курсового проектирования студент должен научиться самостоятельно выбирать различные параметры, необходимые для конструирования и расчета. Он также должен при этом оценивать технологичность конструкции, для чего необходимо хорошо знать технологию холодильного машиностроения и в полной мере использовать полученные знания по общепрофессиональным дисциплинам. Разработка курсового проекта и грамотное проектирование компрессора возможны только при хорошем знании всех особенностей данной конструкции, условий работы отдельных деталей и возникающих в них усилий.

*Курсовая работа состоит* из комплекта чертежей и расчетно-пояснительной записки (РПЗ). Объем графической части проекта – 2÷3 листа формата А1 – общий вид конденсатора (продольный и поперечный разрез) – 1÷2 листа;

*Задачей* курсовой работы является:

1. Выполнение теплового, конструктивного, гидравлического, механического и прочностного расчетов теплообменных аппаратов;
2. Подбор по каталогам основного и вспомогательного оборудования, арматуры и т.д.;
3. Составление и оформление расчетно-пояснительной записки;
4. разработка чертежей общего вида теплообменного аппарата (формат А 1);

5. Разработка чертежей отдельных деталей и узлов теплообменного аппарата (формат А 4);  
Задания и исходные данные для выполнения курсового проекта содержатся в фонде оценочных средств.

### **9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса:

- приложение Microsoft Power Point;
- текстовый редактор Microsoft Office Word.
- электронные таблицы Microsoft Excel;
- система автоматизированного проектирования «Компас-График».

Перечень информационно-справочных систем:

- единая информационная образовательная среда университета «ЭИОС КамчатГТУ»;
- электронная библиотечная система;
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU;
- электронный каталог научно-технической библиотеки КамчатГТУ.

### **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническая база для осуществления образовательного процесса по дисциплине, имеющаяся в распоряжении КамчатГТУ:

- для проведения занятий лекционного типа, практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, специализированные учебные аудитории 3-201, 3-202, 3.203, 3-204, 3-205, 3-213, 3-308 с комплектом учебной мебели;
- для самостоятельной работы обучающихся – аудитория 3-208, оборудованная комплектом учебной мебели;
- читальный зал и библиотечные каталоги научно-технической библиотеки КамчатГТУ;
- мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор).

Дополнения и изменения в рабочей программе за \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ учебный год

В рабочую программу по дисциплине Введение в технологию отрасли

для направления (ний) 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы  
специальности (тей) жизнеобеспечения»

вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес \_\_\_\_\_  
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ТМО  
(наименование кафедры)

Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Заведующий кафедрой

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г. \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)