


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. /
«21» сентября 2022 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,
2022 г.

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО по направлению подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения».

Составитель рабочей программы

Доцент кафедры ТМО


_____ (подпись)

И.П. Сарайкина

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Технологические машины и оборудование» «9» ноября 2022 г. протокол № 4.

Заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование», к.т.н., доцент

«9» ноября 2022 г.



А. В. Костенко

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 тепломассообменных аппаратов низкотемпературной техники.

Задачей курса является формирование навыков и умений в следующих направлениях:

- тепло- и массообменные процессы, протекающие в аппаратах установок для получения низких температур;
- устройство основных тепломассообменных аппаратов, принцип действия, назначение и использование их в парокompрессионных, теплоиспользующих и криогенных установках;
- теплогидравлические и конструктивные расчеты теплообменных аппаратов, используемых в низкотемпературной технике;
- 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 *профессиональной компетенции* (ПК-4) программы бакалавриата. Программа бакалавриата по направлению 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» профиль «Холодильная техника и технологии» устанавливает следующие профессиональные компетенции (ПК) и индикаторы их достижения (табл. 2.1).

Таблица 2.1. – Задачи профессиональной деятельности, профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Наименование профессиональной компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Из проф. стандарта		
			Основание (профессиональный стандарт / анализ опыта)	Уровень квалификации	Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности – расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательского					

<p>Участие в расчетно-экспериментальных работах в составе научно-исследовательской группы на основе классических и технических теорий и методов, достижений техники и технологий. Составление описаний выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обработка и анализ полученных данных, подготовка данных для составления отчетов.</p>	<p>ПК – 4 Способен формировать основные технические решения по проектированию и подбору оборудования систем холодоснабжения</p>	<p>ИД₁ ПК-4 Знает правила оформления проектной и рабочей документации, графических материалов, ведомостей и спецификаций оборудования, текстовой документации по системе холодоснабжения. ИД₂ ПК-4 Знает технические решения для создания систем холодоснабжения. ИД₃ ПК-4 Знает методики проектирования инженерных сооружений и их конструктивных элементов для систем холодоснабжения. ИД₄ ПК-4 Умеет производить расчет и анализ показателей технологических и технических решений систем холодоснабжения. ИД₅ ПК-4 Умеет использовать нормативную и техническую документацию для определения необходимого основного и вспомогательного технического и технологического оборудования систем холодоснабжения. ИД₆ ПК-4 Умеет разрабатывать варианты размещения и план расположения основного и вспомогательного оборудования систем холодоснабжения.</p>	<p>40.176</p>	<p>6</p>	<p>Формирование основных технических решений по проектированию и подбору оборудования систем холодоснабжения С/01.6</p>
--	---	--	---------------	----------	---

Перечень планируемых результатов обучения при изучении дисциплины приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2. – Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
-----------------	---	---	--	-------------------------

ПК-4	Способен формировать основные технические решения по проектированию и подбору оборудования систем холодоснабжения	<p>ИД₁ ПК-4 Знает правила оформления проектной и рабочей документации, графических материалов, ведомостей и спецификаций оборудования, текстовой документации по системе холодоснабжения.</p> <p>ИД₂ ПК-4 Знает технические решения для создания систем холодоснабжения.</p> <p>ИД₃ ПК-4 Знает методики проектирования инженерных сооружений и их конструктивных элементов для систем холодоснабжения.</p> <p>ИД₄ ПК-4 Умеет производить расчет и анализ показателей технологических и технических решений систем холодоснабжения.</p> <p>ИД₅ ПК-4 Умеет использовать нормативную и техническую документацию для определения необходимого основного и вспомогательного технологического оборудования систем холодоснабжения.</p> <p>ИД₆ ПК-4 Умеет разрабатывать варианты размещения и план расположения основного и вспомогательного оборудования систем холодоснабжения.</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методы выполнять расчетно-экспериментальной работы и решения научно-технические 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 	3(ПК-4)1
			<ul style="list-style-type: none"> - методы расчетно-экспериментальной работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов. 	3(ПК-4)2
			<p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 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; - разрабатывать методы расчетно-экспериментальной работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов. 	У(ПК-4)1
				У(ПК-4)2

			<p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками 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; - навыками разработки методов расчетно-экспериментальной работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов. 	<p>В(ПК-4)1</p> <p>В(ПК-4)2</p>
--	--	--	--	------------------------------------

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок» является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений в структуре образовательной программы.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при освоении дисциплин: «Высшая математика», «Физика», «Криогенные системы», «Инженерная и компьютерная графика», «Сопротивление материалов», «Материаловедение», «Гидрогазодинамика низкотемпературных установок», «Теоретические основы холодильной техники».

Знания, умения и навыки, приобретенные в результате изучения дисциплины, используются при изучении профильных дисциплин учебного плана: «Автоматизация низкотемпературных установок», «Холодильные машины и установки» и «Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок» и выполнении выпускной квалификационной работы.

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 7 семестре 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			
Раздел 1. Классификация и основные конструктивные типы теплообменных аппаратов низкотемпературных установок. Расчет процесса теплоотдачи со стороны однофазных сред	9	6	2	4		3	О	
Раздел 2. Теплообменные аппараты парокompрессионных холодильных установок	108	78	20	24	34	30	О К	
Тема 1. Конденсаторы парокompрессионных холодильных машин	42	32	8	8	16	10	О ПЗ ЛР	
Тема 2. Испарители парокompрессионных холодильных машин	42	32	8	10	14	10	О ПЗ ЛР	
Тема 3. Вспомогательные теплообменные аппараты холодильных установок	24	14	4	6	4	10	О ПЗ ЛР	
Раздел 3. Основы расчета теплообменных аппаратов	18	8	2	6		10	О ПЗ	
Раздел 4. Теплообменные аппараты абсорбционных холодильных машин	24	4	4			20	О	
Тема 4. Теплообменные аппараты абсорбционных водоаммиачных холодильных машин	12	2	2			10	О	
Тема 5. Аппараты абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин	12	2	2			10	О	
Раздел 5. Теплообменные аппараты парожеткторных холодильных машин	12	2	2			10	О	
Раздел 6. Теплообменные аппараты криогенных установок	24	4	4			20	О	
Курсовая работа	21					21		
Экзамен	36							36
Всего	252	102	34	34	34	114		36

Примечание: О – опрос; ПЗ – практическое занятие; ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа.

Раздел 1. Классификация и основные конструктивные типы теплообменных аппаратов низкотемпературных установок.

Расчет процесса теплоотдачи со стороны однофазных сред

Лекция. Введение. Классификация теплообменных аппаратов низкотемпературных установок

Рассматриваемые вопросы. Назначение теплообменных аппаратов низкотемпературных установок. Классификация по принципу действия и виду теплообменной поверхности. Рекуперативные и регенеративные теплообменные аппараты.

Практическое занятие. Теплообмен при вынужденном движении теплоносителя

Содержание. Расчет процесса теплоотдачи при вынужденном движении внутри труб и каналов, при продольном и поперечном обтекании труб.

Практическое занятие. Теплообмен при свободном движении теплоносителя

Содержание. Расчет процесса теплоотдачи при свободном движении среды и в стекающей пленке.

Раздел 2. Теплообменные аппараты парокompрессионных холодильных установок

Тема 1. Конденсаторы парокompрессионных холодильных машин

Лекция. Классификация конденсаторов. Конденсаторы с водяным охлаждением.

Рассматриваемые вопросы. Основные типы конденсаторов с водяным охлаждением. Горизонтальные кожухотрубные и кожухозмеевиковые конденсаторы. Вертикальный кожухотрубный конденсатор. Конденсаторы типа «труба в трубе».

Лекция. Пакетно-панельные и пластинчатые конденсаторы с водяным охлаждением.

Рассматриваемые вопросы. Принцип действия и конструкция пакетно-панельных и пластинчатых конденсаторов. Основные типы пластинчатых теплообменных аппаратов.

Лекция. Конденсаторы с водовоздушным охлаждением.

Рассматриваемые вопросы. Принцип действия и конструкция оросительных и испарительных конденсаторов.

Лекция. Конденсаторы с воздушным охлаждением.

Рассматриваемые вопросы. Принцип действия и конструкция конденсаторов с принудительным движением охлаждающего воздуха. Типы оребрения теплообменной поверхности. Конденсаторы с естественной циркуляцией воздуха.

Лабораторная работа. Конденсаторы с водяным охлаждением.

Содержание. Изучение устройства и конструкции конденсаторов с водяным охлаждением и испарительных конденсаторов. Определение площади теплопередающей поверхности и расхода воды, поступающей в конденсатор.

Лабораторная работа. Пластинчатые конденсаторы с водяным охлаждением.

Содержание. Изучение устройства и конструкции пластинчатых конденсаторов с водяным охлаждением. Определение площади теплопередающей поверхности и расхода воды, поступающей в конденсатор.

Лабораторная работа. Конденсаторы с воздушным охлаждением при естественной конвекции.

Содержание. Изучение устройства и конструкции конденсаторов с естественной конвекцией воздуха. Определение площади теплопередающей поверхности.

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

Содержание. Изучение устройства и конструкции конденсаторов с вынужденной конвекцией воздуха. Определение площади теплопередающей поверхности.

Практическое занятие. Расчет теплоотдачи при конденсации холодильного агента.

Содержание. Конденсация на пучках горизонтальных труб, на вертикальной стенке и трубе, внутри горизонтальной трубы, внутри вертикальных труб и каналов. Учет влияния неконденсирующихся газов.

Практическое занятие. Расчет проточного кожухотрубного конденсатора.

Содержание. Методика теплового и конструктивного расчета проточного кожухотрубного конденсатора.

Практическое занятие. Расчет проточного испарительного конденсатора.

Содержание. Методика теплового и конструктивного расчета испарительного конденсатора.

Практическое занятие. Расчет воздушного конденсатора.

Содержание. Методика теплового и конструктивного расчета воздушных конденсаторов.

Тема 2. Испарители парокомпрессионных холодильных машин

Лекция. Классификация испарителей.

Рассматриваемые вопросы. Классификация испарителей по характеру охлаждающей среды, циркуляции охлаждаемого теплоносителя, заполнения холодильным агентом. Преимущества и недостатки испарителей различного типа. Принцип подбора.

Лекция. Кожухотрубные испарители для охлаждения жидкого хладоносителя.

Рассматриваемые вопросы. Кожухотрубные испарители затопленного типа и с кипением холодильного агента внутри труб и каналов. Принцип действия и конструкция. Преимущества и недостатки. Панельные испарители.

Лекция. Кожухотрубные оросительные испарители. Испаритель-конденсатор.

Рассматриваемые вопросы. Принцип действия и конструкция оросительных испарителей. Назначение и конструкция испарителя-конденсатора каскадной холодильной машины.

Лекция. Испарители для охлаждения воздуха. Сухой и мокрый воздухоохладители.

Рассматриваемые вопросы. Принцип действия и конструкция воздухоохладителей и охлаждающих батарей. Типы оребрения.

Лабораторная работа. Кожухотрубные и кожухозмеевиковые испарители.

Содержание. Изучение устройства и конструкции испарителей для охлаждения жидких хладоносителей. Определение площади теплопередающей поверхности и нормы заполнения испарителей рассолом и холодильным агентом.

Лабораторная работа. Воздухоохладители.

Содержание. Изучение устройства и конструкции воздухоохладителей. Определение площади теплопередающей поверхности.

Лабораторная работа. Охлаждающие батареи.

Содержание. Изучение устройства и конструкции охлаждающих батарей. Определение площади теплопередающей поверхности. Изучение способов удаления снеговой шубы.

Практическое занятие. Расчет теплоотдачи при кипении холодильного агента.

Содержание. Теплообмен при кипении на пучках труб, в трубах и каналах. Испарение и кипение в стекающей пленке жидкости.

Практическое занятие. Расчет кожухотрубных испарителей затопленного типа.

Содержание. Методика теплового и конструктивного расчета кожухотрубных испарителей затопленного типа с межтрубным кипением холодильного агента.

Практическое занятие. Расчет испарителей с кипением холодильного агента внутри труб и каналов.

Содержание. Методика теплового и конструктивного расчета кожухотрубных испарителей с внутритрубным кипением холодильного агента для охлаждения жидких хладоносителей.

Практическое занятие. Расчет испарителей для охлаждения воздуха.

Содержание. Методика теплового и конструктивного расчета воздухоохладителей и охлаждающих батарей.

Тема 3. Вспомогательные теплообменные аппараты холодильных установок

Лекция. Регенеративные теплообменники. Экономайзеры.

Рассматриваемые вопросы. Назначение и конструкции регенеративных теплообменников и теплообменников-экономайзеров.

Лекция. Переохладители. Промежуточные сосуды

Рассматриваемые вопросы. Назначение и конструкция теплообменников для переохлаждения жидкого холодильного агента. Конструкция промежуточного сосуда змеевикового типа.

Лабораторная работа. Изучение конструкции регенеративного теплообменника.

Содержание. Изучение устройства и конструкции регенеративных теплообменников. Определение площади теплопередающей поверхности.

Практическое занятие. Расчет регенеративных теплообменников.

Содержание. Методика теплового и конструктивного расчета регенеративных теплообменников.

Практическое занятие. Расчет переохладителей.

Содержание. Методика теплового и конструктивного расчета переохладителей жидкого холодильного агента.

Практическое занятие. Расчет экономайзеров.

Содержание. Методика теплового и конструктивного расчета парожидкостных теплообменников для переохлаждения жидкого холодильного агента.

Раздел 3. Основы расчета теплообменных аппаратов

Лекция. Тепловой и конструктивный расчет рекуперативных теплообменных аппаратов низкотемпературных установок

Рассматриваемые вопросы. Основные уравнения теплообмена. Средний температурный напор. Коэффициент теплопередачи. Теплопередача через оребренные поверхности.

Практическое занятие. Методика теплового и конструктивного расчета теплообменных аппаратов низкотемпературных установок.

Содержание. Последовательность проектно-конструкторского теплового расчета. Графоаналитический метод определения средней плотности теплового потока.

Практическое занятие. Определение конструктивных размеров и проходных сечений в теплообменных аппаратах.

Содержание. Конструктивные параметры кожухотрубных аппаратов. Проходные сечения при движении рабочей среды внутри труб. Проходные сечения в пластинчатых и пластинчато-ребристых теплообменниках. Проходные сечения в теплообменниках витого типа.

Практическое занятие. Гидродинамический расчет

Содержание. Определение гидродинамических сопротивлений. Гидравлическое сопротивление трения.

Раздел 4. Теплообменные аппараты абсорбционных холодильных машин

Тема 4. Теплообменные аппараты абсорбционных водоаммиачных холодильных машин

Лекция. Теплообменные аппараты абсорбционных водоаммиачных холодильных машин.

Рассматриваемые вопросы. Принцип работы и конструкция генераторов, дефлегматоров и абсорберов водоаммиачных холодильных машин.

Тема 5. Аппараты абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин

Лекция. Аппараты абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин.

Рассматриваемые вопросы. Принцип работы и конструкция блока абсорбер-испаритель, блока генератор-конденсатор и теплообменника растворов бромисто-литиевой холодильной машины.

Раздел 5. Теплообменные аппараты парожетторных холодильных машин

Лекция. Испарители и конденсаторы парожетторных холодильных машин.

Рассматриваемые вопросы. Принцип действия и конструкция испарителей парожетторных холодильных машин. Классификация конденсаторов парожетторных холодильных машин. Поверхностные и смешивающие конденсаторы.

Раздел 6. Теплообменные аппараты криогенных установок

Лекция. Классификация теплообменных аппаратов криогенных установок.

Рассматриваемые вопросы. Особенности теплообмена в криогенных системах. Классификация теплообменных аппаратов криогенных установок по принципу действия и виды теплообменных поверхностей.

Лекция. Регенераторы и рекуперативные теплообменники криогенных установок.

Рассматриваемые вопросы. Принцип действия и конструкция регенераторов криогенных установок. Особенности конструкции рекуперативных теплообменников криогенных установок.

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;
- выполнение практических заданий;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к защите курсовой работы;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- подготовка к текущему и итоговому контролю знаний по дисциплине (экзамен).

Аудиторная и внеаудиторная СРС выполняется в соответствии с методическими указаниями

- Теплообменные аппараты низкотемпературных установок: Сборник методических указаний к лабораторным работам / И. П. Сарайкина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 45 с.
- Теплообменные аппараты низкотемпературных установок: Курсовое проектирование / И. П. Сарайкина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 43 с.

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 теплообменных аппаратах. Интенсификация теплопередачи. Развитые поверхности теплообмена.
4. Схема, устройство и принцип действия аммиачного кожухотрубного конденсатора. Преимущества и недостатки.
5. Схема, устройство и принцип действия фреонового горизонтального кожухотрубного конденсатора. Преимущества и недостатки.
6. Схема, устройство и принцип действия вертикального кожухотрубного конденсатора. Преимущества и недостатки.
7. Теплообмен при вынужденном движении внутри труб и каналов. Критериальные уравнения. Определение коэффициента теплоотдачи.
8. Расчет теплоотдачи при конденсации холодильного агента.
9. Расчет теплоотдачи при кипении холодильного агента.
10. Расчет теплоотдачи при свободной конвекции и в пленке стекающей жидкости.
11. Схема, устройство и принцип действия оросительного конденсатора. Преимущества и недостатки.
12. Схема, устройство и принцип действия испарительного конденсатора. Преимущества и недостатки. Область применения.
13. Воздушные конденсаторы со свободным движением воздуха. Устройство, области применения.
14. Воздушные конденсаторы с вынужденным движением воздуха. Устройство, области применения.
15. Схема, устройство и принцип действия аммиачного кожухотрубного испарителя затопленного типа. Преимущества и недостатки. Область применения.
16. Устройство и принцип действия фреоновых кожухотрубных испарителей.
17. Устройство и область применения панельных испарителей. Преимущества и недостатки.
18. Схема устройства кожухотрубных испарителей с кипением холодильного агента внутри труб.
19. Схема и устройство камерных приборов тихого охлаждения.
20. Схема, устройство и назначение испарителей для охлаждения воздуха. (Сухие воздухоохладители).
21. Методика расчета кожухотрубного конденсатора по зонам.
22. Методика расчета кожухотрубного испарителя.
23. Методика расчета сухого воздухоохладителя.
24. Методика расчета воздушных конденсаторов.
25. Методика расчета испарительного конденсатора.
26. Расчет камерных приборов охлаждения – охлаждающие батареи.
27. Место и роль теплообменных аппаратов в схеме низкотемпературной установки.
28. Схема и устройство фреоновых регенеративных теплообменников. Назначение. Методика расчета.
29. Методика теплового расчета теплообменных аппаратов графоаналитическим способом.
30. Конструктивный расчет кожухотрубного конденсатора.
31. Гидродинамический расчет теплообменных аппаратов.
32. Особенности гидравлического расчета в каналах теплообменных аппаратов.
33. Принцип действия и конструкция пластинчатых теплообменников. Преимущества и недостатки.
34. Использование пластинчатых теплообменников в качестве испарителей и конденсаторов в холодильных системах.
35. Сравнительный технико-экономический анализ кожухотрубных и пластинчатых теплообменников в низкотемпературных системах.
36. Схема и устройство конденсаторов – испарителей. Назначение. Методика расчета.

37. Принцип действия и конструкция генераторов водоаммиачных абсорбционных холодильных машин.
38. Принцип действия и конструкция дефлегматоров водоаммиачных абсорбционных холодильных машин.
39. Принцип действия и конструкция абсорберов водоаммиачных абсорбционных холодильных машин.
40. Принцип действия и конструкция блока абсорбер-испарителя бромисто-литиевых абсорбционных холодильных машин.
41. Принцип действия и конструкция блока генератор-конденсатор бромисто-литиевых абсорбционных холодильных машин.
42. Принцип действия и конструкция испарителей парожеторных холодильных машин.
43. Принцип действия и конструкция конденсаторов парожеторных холодильных машин.
44. Роль теплообменных аппаратов в криогенной технике. Особенности теплообмена в криогенных установках.
45. Классификация криогенных теплообменных аппаратов.
46. Конструкция витых теплообменных аппаратов криогенных установок.
47. Принцип действия и конструкция регенераторов криогенных установок.
48. Влияние теплообменных аппаратов на стоимость и энергетические затраты в низкотемпературных установках. Требования, предъявляемые к теплообменным аппаратам.
49. Пути интенсификации передачи тепла в теплообменных аппаратах низкотемпературных установок.
50. Определение тепловых нагрузок и средней разности температур в теплообменных аппаратах низкотемпературных систем.

6. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Теплообменные аппараты низкотемпературных установок: Учебное пособие / И.П. Сарайкина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – 200 с.
2. Холодильные машины: Учебник для студентов вузов / Под общ. ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб.: Политехника, 2006. – 944 с.

Дополнительная

3. Григорьев В.А., Крохин Ю.И. Тепло- и массообменные аппараты криогенной техники: Учебн. пособие для вузов. М.: Энергоиздат, 1982. – 312 с.
4. Теплообменные аппараты холодильных установок / Под общ. ред. Г.Н. Даниловой. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 303 с.
5. Теоретические основы хладотехники. часть II. Теплообмен / Под ред. Э.И. Гуйго. – М.: Колос, 1994. – 367 с.
6. Маринюк Б.Т. Аппараты холодильных машин (теория и расчет). – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 160 с.
7. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин. Под общ. ред. Сакуна И.А. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние. – 1985. – 423 с.
8. Теплообменные аппараты, приборы автоматики и испытания холодильных машин: Справочник: Холодильная техника / Под ред. А.В. Быкова. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 248 с.
9. Теплофизические основы получения искусственного холода: Справочник: Холодильная техника / Под ред. А.В. Быкова. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 232 с.
10. Галимова Л.В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы: Учеб. пособие / Астрахан. гос. тех. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 1997. – 226 с.

11. Криогенные системы: В 2 т. Т 2 Основы проектирования аппаратов, установок и систем / Под общ. ред. А.М. Архарова и А.И. Смородина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1999. – 720 с.
 12. Зеликовский И.Х., Каплан Л.Г. Малые холодильные машины и установки: Справочник. – перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 672 с.
 13. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ. Справ. / Под ред. С.Н. Богданова. 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: СПбГАХИТ. –1999. – 320 с.
 14. Справочник по физико-техническим основам криогеники / Под ред. М.П. Малкова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 432 с.
 15. Техника низких температур. Атлас. Под ред. И.П. Усюкина., М., 1977
1. Журнал «Холодильная техника».
 2. Журнал «Холодильный бизнес».

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

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении дисциплины рекомендуется использовать методические указания:

1. Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок: Сборник методических указаний к лабораторным работам / И. П. Сарайкина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 45 с.
2. Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок: Курсовое проектирование / И. П. Сарайкина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 43 с.
3. Гаврилов С.В. Учебные работы. Разработка и оформление: Методическое пособие для инженерно-технических специальностей. – 3-е изд., перераб. и доп. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГТУ, 2005. – 76 с

8. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)

Курсовая работа по дисциплине «Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок» призван закрепить теоретический материал курса, показать практическое приложение методов расчета и дать навыки конструирования узлов и деталей, а также компоновки и разработки конструкции теплообменного аппарата в целом.

Цель курсового проектирования – дать студентам навыки в области инженерных расчетов и конструирования тепломассообменного аппарата, а также его отдельных узлов и деталей с увязкой их взаимодействия. При выполнении курсовой работы студент знакомится с основным содержанием работы по проектированию нового холодильного компрессора.

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 иметь представление о технологии холодильного машиностроения и в полной мере использовать полученные знания по общепрофессиональным дисциплинам. Разработка курсовой работы и грамотное проектирование теплообменных аппаратов 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 – общий вид теплообменного аппарата (формат А1) и чертеж отдельного узла или детали (формат А3, А4).

Задачей выполнение курсовой работы является:

1. Выполнение теплового, конструктивного, гидравлического, механического и прочностного расчетов теплообменного аппарата;
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;
5. Разработка чертежей отдельных деталей и узлов теплообменного аппарата.

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:

- Пакет Р7-офис (Р7-Документ, Р7-Таблица, Р7-Презентация)
- 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.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническая база для осуществления образовательного процесса по дисциплине, имеющаяся в распоряжении КамчатГТУ для проведения лабораторных работ, лекций, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная учебная аудитория, оборудованная комплектом учебной мебели, 3-205 (лаборатория «Тепломассообменные аппараты холодильных установок») с лабораторными стендами для изучения конструкции различных типов теплообменных аппаратов;
- специализированная учебная аудитория 3-201 (лаборатория «Холодильные машины и установки») с лабораторной установкой, включающей холодильный фреоновый агрегат ФВ5С5-11 и холодильную камеру ХКС-2-65;
- 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 _____ *Тепломассообменные аппараты
низкотемпературных установок*

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 « _____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой
« _____ » _____ 20__ г. _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)