


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.  
«01» декабря 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

***«Низкотемпературные системы теплоснабжения»***

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

направленность  
(профиль) «Холодильная техника и технологии»

Петропавловск-Камчатский,  
2021 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)

Сарайкина И.П.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Технологические машины и оборудование» «23» ноября 2021 г. протокол № 3.

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

«23» ноября 2021 г.

  
\_\_\_\_\_

А. В. Костенко

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

Дисциплина «Низкотемпературные системы теплоснабжения» является одной из 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 получение студентами знаний в области проектирования и эксплуатации низкотемпературных систем теплоснабжения.

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

- изучение теоретических основ процессов трансформации теплоты в теплотехнических устройствах, работающих по обратному термодинамическому циклу;
- знакомство с устройством и конструктивными особенностями основных элементов систем теплоснабжения на базе тепловых насосов;
- получение навыков определения оптимальных параметров работы теплонасосных установок и рационального построения систем низкотемпературного теплоснабжения при использовании различных источников низкопотенциальной теплоты;
- приобретение навыков технических расчетов и проектирования систем теплоснабжения для улучшения их эксплуатационных характеристик, повышения экологической безопасности и экономии ресурсов.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Низкотемпературные системы теплоснабжения» 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 (ПК) 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
<b>Тип задач профессиональной деятельности – расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательского</b>					

<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 разработка 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>ИД<sub>1</sub> ПК-4 Знает правила оформления проектной и рабочей документации, графических материалов, ведомостей и спецификаций оборудования, текстовой документации по системе холодоснабжения. ИД<sub>2</sub> ПК-4 Знает технические решения для создания систем холодоснабжения. ИД<sub>3</sub> ПК-4 Знает методики проектирования инженерных сооружений и их конструктивных элементов для систем холодоснабжения. ИД<sub>4</sub> ПК-4 Умеет производить расчет и анализ показателей технологических и технических решений систем холодоснабжения. ИД<sub>5</sub> ПК-4 Умеет использовать нормативную и техническую документацию для определения необходимого основного и вспомогательного технического и технологического оборудования систем холодоснабжения. ИД<sub>6</sub> 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	ИД <sub>1</sub> ПК-4 Знает правила оформления проектной и рабочей документации, графических материалов, ведомостей и спецификаций оборудования, текстовой документации по системе холодоснабжения. ИД <sub>2</sub> ПК-4 Знает технические решения для создания систем холодоснабжения. ИД <sub>3</sub> ПК-4 Знает методики проектирования инженерных сооруже-	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила оформления проектной и рабочей документации, графических материалов, ведомостей и спецификаций оборудования, текстовой документации по системам теплоснабжения на базе теплового насоса.</li> <li>- технические решения для создания систем теплоснабжения на базе теплового насоса.</li> </ul>	<p>3(ПК-4)1</p> <p>3(ПК-4)2</p>

		жений и их конструктивных элементов для систем холодоснабжения. ИД <sub>4</sub> ПК-4 Умеет производить расчет и анализ показателей технологических и технических решений систем холодоснабжения. ИД <sub>5</sub> ПК-4 Умеет использовать нормативную и техническую документацию для определения необходимого основного и вспомогательного технического и технологического оборудования систем холодоснабжения. ИД <sub>6</sub> ПК-4 Умеет разрабатывать варианты размещения и план расположения основного и вспомогательного оборудования систем холодоснабжения.	<p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методики проектирования инженерных сооружений и их конструктивных элементов для систем теплоснабжения на базе теплового насоса.</li> <li>- производить расчет и анализ показателей технологических и технических решений систем теплоснабжения на базе теплового насоса.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использования нормативной и технической документации для определения необходимого основного и вспомогательного технического и технологического оборудования систем теплоснабжения на базе теплового насоса;</li> <li>- разработки вариантов размещения и плана расположения основного и вспомогательного оборудования систем теплоснабжения на базе теплового насоса.</li> </ul>	<p>У(ПК-4)1</p> <p>У(ПК-4)2</p> <p>В(ПК-4)1</p> <p>В(ПК-4)2</p>
--	--	--	--	---

### МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Низкотемпературные системы теплоснабжения» является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений в структуре образовательной программы.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при освоении дисциплин: «Теоретические основы холодильной техники», «Машины низкотемпературных установок», «Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок», «Основы теории кондиционирования воздуха»

Знания, умения и навыки, приобретенные в результате изучения дисциплины, используются при изучении профильных дисциплин учебного плана: «Холодильные машины и установки» и «Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок» и при 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			
Тема 1. Назначение и области применения, принцип работы, схемы и конструкции.	39	21	8	13		18	ПО ПЗ	
Тема 2. Устройство и конструктивные особенности основных элементов СКВ, работающих в режиме теплового насоса	33	13	9	4		20	ПО ПЗ	
<b>Зачет</b>								
<b>Всего</b>	<b>72</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>		<b>38</b>		

Примечание: ПО – письменный опрос; ПЗ – лабораторная работа.

### Тема 1. Назначение, принцип работы и классификация тепловых насосов (ТН). Схемы и работа систем теплоснабжения с теплонасосными установками

*Лекция.* Тепловые насосы.

*Рассматриваемые вопросы.* Назначение и области применения. Классификация. Перспективы использования теплонасосных установок. Выбор рабочего тела для ТН. Природные и промышленные источники теплоты низкого потенциала.

*Лекция.* Парокомпрессионные ТН.

*Рассматриваемые вопросы.* Термодинамические основы работы ТН. Принцип работы и схемы парокомпрессионных тепловых насосов. Рабочие тела ТН. Показатели энергетической эффективности реального парокомпрессионного цикла теплового насоса.

*Лекция.* Абсорбционные ТН.

Схемы и конструкции. Принципы работы и применение абсорбционных ТН. Анализ эффективности различных типов ТН. Промышленно выпускаемые ТН.

*Лекция.* Системы теплоснабжения с тепловыми насосами

*Рассматриваемые вопросы.* Системы теплоснабжения с ТН "воздух-воздух". Системы теплоснабжения с тепловыми насосами «вода-вода». Системы теплоснабжения с тепловыми насосами "грунт-воздух". Применение тепловых насосов для индивидуального теплоснабжения и в системах централизованного теплоснабжения

*Практическое занятие.* Изучение устройства и принципа действия парокомпрессионного теплового насоса.

*Содержание.* Изучение конструкций, устройства, принципа действия теплового насоса и термодинамических процессов, протекающих в нем.

*Практическое занятие.* Испытание парокомпрессионного теплового насоса, использующего воду в качестве источника низкопотенциальной энергии.

*Содержание.* Изучение конструкций, устройства, принципа действия теплового насоса в режиме вода-воздух и определение основных параметров его работы.

*Практическое занятие.* Испытание парокомпрессионного теплового насоса в режиме вода-воздух.

*Содержание.* Изучение конструкций, устройства, принципа действия теплового насоса в режиме вода-воздух и определение основных параметров его работы.

*Практическое занятие.* Испытание парокомпрессионного теплового насоса в режиме воздух-воздух.

*Содержание.* Изучение конструкций, устройства, принципа действия теплового насоса в режиме воздух-воздух и определение основных параметров его работы.

## **Тема 2. Расчет и проектирование теплонасосных установок различного назначения**

*Лекция.* Расчет парокомпрессионного ТН.

*Рассматриваемые вопросы.* Расчет парокомпрессионного теплового насоса с регенерацией теплоты. Расчет парокомпрессионного теплового насоса с регенерацией теплоты и переохладителем.

*Лекция.* Проектирование теплонасосных установок для систем теплоснабжения.

*Рассматриваемые вопросы.* Выбор ТНУ для теплоснабжения индивидуального жилого дома. Сравнение ТНУ с альтернативными системами отопления. Определение оптимального теплового режима теплообменников. Работа теплонасосной установки в нерасчетных режимах. Применение теплонасосных установок в промышленности.

*Лекция.* Устройство и конструктивные особенности основных элементов холодильных установок, работающих в режиме теплового насоса.

*Рассматриваемые вопросы.* Особенности устройства компрессоров. Режим работы. Системы смазки, защиты, регулирования. Конденсаторы воздушного, водяного и гликольного охлаждения, их особенности. Испарители. Типы испарителей, применяемых в ТН и их особенности.

*Лекция.* Воздухонагреватели и насосы.

*Рассматриваемые вопросы.* Типы. Основные конструктивные особенности центробежных, осевых, диаметральных вентиляторов. Подбор вентиляторов. Вентиляторные агрегаты (канальные, крышные). Воздухонагреватели (гладкотрубные, ребристые, пластинчатые, со спирально-накатным оребрением, медно-алюминиевые, электрические). Насосы для перекачивания воды, гликолей. Выбор насоса.

*Лекция.* Системы автоматики и дистанционного контроля и регулирования теплонасосной установки.

*Рассматриваемые вопросы.* Основные элементы автоматики. Регулирующие органы и исполнительные механизмы. Контроль и управление работой системой кондиционирования. Регуляторы потока. ТРВ и капиллярные трубки. Выбор соединительных трубопроводов. Сигнализация об аварийной ситуации. Примеры автоматизированных систем.

*Практическое занятие.* Расчет парокомпрессионного теплового насоса с регенерацией теплоты и с регенерацией теплоты и переохладителем.

## **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 (ЗАЧЕТ)**

1. Классификация тепловых насосов. Назначение и области применения.
2. Требования к холодильным машинам, применяемым в качестве тепловых насосов. Выбор рабочего тела для тепловых насосов.
3. Природные и промышленные источники теплоты низкого потенциала.
4. Термодинамические основы циклов тепловых насосов.
5. Технико-экономическая эффективность тепловых насосов.
6. Компрессионные тепловые насосы. Область применения. Рабочие тела компрессионных тепловых насосов.
7. Принципиальные схемы, тепловой расчет компрессионных тепловых насосов.
8. Абсорбционные тепловые насосы. Область применения. Рабочие тела абсорбционных тепловых насосов.
9. Компрессионно-резорбционные тепловые насосы. Область применения. Рабочие тела.
10. Схемы и конструкции тепловых насосов различного типа.
11. Режим работы в системах теплоснабжения.
12. Теплообменные аппараты для нагрева теплоносителя.
13. Типы испарителей для различных источников низкопотенциальной теплоты.
14. Влияние расчетных параметров воздуха в помещении на выбор способа воздухораспределения. Типы воздухораспределительных устройств.
15. Компрессоры, используемые в теплонасосных установках.
16. Основные конструктивные особенности центробежных, осевых, диаметральных вентиляторов.
17. Воздухонагреватели (гладкотрубные, ребристые, пластинчатые, со спирально-накатным оребрением, медно-алюминиевые, электрические)
18. Насосы для перекачивания воды, гликолей. Выбор насоса.
19. Контроль и управление работой ТН.
20. Основные элементы автоматики. Регулирующие органы и исполнительные механизмы.
21. Сигнализация об аварийной ситуации в работе теплонасосной установки.
22. Выбор расчетных внутренних и внешних параметров работы системы низкотемпературного теплоснабжения.
23. Определение теплопроизводительности ТН.
24. Выбор теплоносителя.
25. Выбор размещения основного и вспомогательного оборудования теплонасосной установки.

## **6. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### *Основная литература*

1. Холодильные машины: Учебник для студентов вузов специальности Техника и физика низких температур» / А.В. Бараненко, Н.Н. Бухарин, В.И. Пекарев, Л.С. Тимофеевский; Под общ. ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб.: Политехника, 2006. – 944 с. (20 экз.)
2. Теория холодильных машин и тепловых насосов / Морозюк Т.В. – Одесса: Студия «Негоциант», 2006. – 712 с. (10 экз.)

### *Дополнительная литература*

1. Холодильные машины и тепловые насосы / Быков А.В., Калнинь И.М., Крузе А.С. – М.: Агропромиздат, 1988 г., –287 с.
2. Тепловые насосы: пер. с англ. / Рей Д., Шошин А.И., – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
3. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения. / Г. Хайнрих, Х. Найорк, В. Нестлер; пер. с нем. Н.Л. Кораблевой, Е.Ш. Фельдмана; Под ред. Б.К. Явнеля. – М.: Стройиздат, 1985. – 351 с.



4. Тепловые насосы: пер. с англ. / Рей Д., Макмайкд Д. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
5. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Учебное пособие / Афаньев В.А., Балуева Л.Н. и др. – М.: «Евроклимат», изд. «Арина», 2000.- 416 с
6. Проектирование и эксплуатация установок кондиционирования воздуха и отопления. Голубков Б. Н., Романов Т.А., Гусева В.А.М. Энергоатомиздат, 1988 г. – 327 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.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 учебное издание «Системы динамического охлаждения и отопления. Сборник методических указаний к лабораторным работам для студентов по направлению подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 60 с.

### **8. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)**

Не предусмотрено.

### **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.

### **10. 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, 3-216, 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 Низкотемпературные системы теплоснабжения

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.)