

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Отделение информационных технологий и энергетических систем



Утверждаю

Первый заместитель директора  
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок Б1.В.ОД.10

Направление подготовки: 16.03.03 - Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль подготовки: Холодильная техника и системы жизнеобеспечения

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

**Автор(ы):** Карелин Д.Л.

**Рецензент(ы):** Розенцвайг А.К.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Исрафилов И. Х.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Высшей инженерной школы (Отделение информационных технологий и энергетических систем) (Набережночелнинский институт (филиал)):

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Набережные Челны  
2019

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Карелин Д.Л. (Кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов, Отделение информационных технологий и энергетических систем), DLKarelin@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию
ПК-1	способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их анализа соответствующий физико-математический аппарат
ПК-2	готовностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности
ПК-3	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

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен демонстрировать способность и готовность:

Знать: основные понятия и законы термодинамики, физическую сущность термодинамических процессов для выполнения многовариантных расчетов деталей и узлов трансформаторов тепла.

Уметь: применять основные законы термодинамики при выполнении практических расчетов преобразования, транспортировки и использования тепловой энергии посредством жидкого, либо газообразного рабочего тела; на базе полученных знаний производить предварительного технико-экономическое обоснование проектных разработок энергообъектов и доводку технологических энергетических процессов.

Владеть: навыками выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, навыками термодинамического расчета при конструирования инженерных сооружений энергетических систем.

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.10 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.03.03 "Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения (Холодильная техника и системы жизнеобеспечения)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 3 курсе в 5, 6 семестрах.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных(ые) единиц(ы) на 324 часа(ов).

Контактная работа - 144 часа(ов), в том числе лекции - 54 часа(ов), практические занятия - 36 часа(ов), лабораторные работы - 54 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 144 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 семестре; экзамен в 6 семестре.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Общие сведения об теплообменных аппаратах холодильных установок.	5	6	2	4	24
2.	Тема 2. Расчет процесса теплоотдачи для разных конструкций теплообменных аппаратов.	5	6	2	6	24
3.	Тема 3. Тепловой и гидродинамический расчет теплообменных аппаратов.	5	6	2	6	24
4.	Тема 4. Теплообменники конденсаторы.	5	6	4	6	36
5.	Тема 5. Теплообменники испарители.	5	6	4	6	0
6.	Тема 6. Воздухоохладители и охлаждающие батареи.	5	6	4	8	18
7.	Тема 7. Расчет на прочность теплообменных аппаратов.	6	6	6	6	6
8.	Тема 8. Методы анализа эффективности теплообменных аппаратов.	6	6	6	6	6
9.	Тема 9. Пути интенсификации теплообмена.	6	6	6	6	6
	Итого		54	36	54	144

##### 4.2 Содержание дисциплины

###### Тема 1. Введение. Общие сведения об теплообменных аппаратах холодильных установок.

Место и роль теплообменных аппаратов в схеме холодильной установки. Типы и классификация теплообменных аппаратов холодильных установок. Современные и перспективные хладагенты и теплоносители. Выбор материала для теплообменного аппарата холодильной машины и требования. Типы применяемых в настоящий момент хладоносителей.

###### Тема 2. Расчет процесса теплоотдачи для разных конструкций теплообменных аппаратов.

Теплообмен при свободной конвекции. Теплообмен при вынужденной конвекции при движении внутри труб. Теплообмен при поперечном обтекании пучка гладких и оребренных труб шахматного и коридорного расположения. Теплообмен в стекающей пленке жидкости. Теплообмен при кипении жидкости. Теплообмен при конденсации пара.

###### Тема 3. Тепловой и гидродинамический расчет теплообменных аппаратов.

Задачи и порядок расчета. Уравнения теплового баланса. Коэффициент теплопередачи теплообменного аппарата. Приведенные коэффициенты теплоотдачи. Коэффициенты эффективности оребренной поверхности. Коэффициент полезного действия (КПД) теплообменного аппарата. Определение конструктивных размеров и проходных сечений. Гидромеханической расчет теплообменных аппаратов.

###### Тема 4. Теплообменники конденсаторы.

Классификация конденсаторов и конденсаторных комплексов. Конденсаторы с воздушным охлаждением. Конденсаторы с водяным охлаждением. Конденсаторы с водовоздушным охлаждением. Особенности эксплуатации конденсаторов и влияние присутствия воздуха на работу конденсатора. Влияние качества воды и способа водоподготовки. Особенности теплового расчета конденсаторных комплексов.

###### Тема 5. Теплообменники испарители.

Классификация испарителей. Кожухотрубные испарители затопленного типа. Кожухотрубные оросительные испарители. Кожухотрубные испарители с кипением хладагента внутри труб. Панельные испарители. Испарители-конденсаторы каскадных холодильных машин. Аммиачные испарители. Особенности теплового расчета испарителей.

## **Тема 6. Воздухоохладители и охлаждающие батареи.**

Классификация воздухоохладителей. Поверхностные воздухоохладители гладкие и оребренные.

Особенности теплового расчета и аэродинамического расчета поверхностных воздухоохладителей.

Воздухоохладители контактного и смешанного типа. Методика теплового и аэродинамического расчета контактных воздухоохладителей. Охлаждающие батареи.

## **Тема 7. Расчет на прочность теплообменных аппаратов.**

Общие положения расчета на прочность теплообменных аппаратов. Расчет корпусов цилиндрических теплообменных аппаратов. Расчет днищ и крышек цилиндрических теплообменных аппаратов. Укрепление отверстий в обечайках и днищах аппаратов. Расчет трубных решеток. Расчет фланцевых соединений теплообменных аппаратов.

## **Тема 8. Методы анализа эффективности теплообменных аппаратов.**

Методика технико-экономического анализа теплообменных аппаратов. Методика сопоставления различных теплообменных аппаратов. Методика определения оптимальных режимов работы и основных параметров теплообменных аппаратов. Выбор теплообменного оборудования работающего в составе холодильной машины и оптимального соотношения поверхностей.

## **Тема 9. Пути интенсификации теплообмена.**

Общие положения. Интенсификация процесса теплообмена в кожухотрубных теплообменных аппаратах с межтрубным расположением хладагента. Интенсификация процесса теплообмена в кожухотрубных теплообменных аппаратах с протеканием хладагента в трубах. Интенсификация процесса теплообмена в аппаратах воздушного охлаждения. Применение новых компактных типов теплообменных аппаратов.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Положение от 24 декабря 2015 г. № 0.1.1.67-06/265/15 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

### **6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения**

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 5</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Устный опрос	ПК-1, ОК-7, ПК-3, ПК-2	1. Введение. Общие сведения об теплообменных аппаратах холодильных установок.
2	Устный опрос	ПК-3, ПК-2, ПК-1, ОК-7	2. Расчет процесса теплоотдачи для разных конструкций теплообменных аппаратов.
3	Лабораторные работы	ПК-1, ОК-7, ПК-3, ПК-2	3. Тепловой и гидродинамический расчет теплообменных аппаратов.
4	Устный опрос	ПК-1, ОК-7, ПК-3, ПК-2	4. Теплообменники конденсаторы.
5	Устный опрос	ПК-3, ПК-2, ПК-1, ОК-7	5. Теплообменники испарители.
6	Устный опрос	ПК-3, ПК-2, ПК-1, ОК-7	6. Воздухоохладители и охлаждающие батареи.
	<b>Зачет</b>		
<b>Семестр 6</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Устный опрос	ПК-3, ПК-2, ПК-1, ОК-7	7. Расчет на прочность теплообменных аппаратов.
2	Лабораторные работы	ПК-3, ПК-2, ПК-1, ОК-7	8. Методы анализа эффективности теплообменных аппаратов.
3	Устный опрос	ПК-3, ПК-2, ПК-1, ОК-7	9. Пути интенсификации теплообмена.
	<b>Экзамен</b>		

## 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 5</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продemonстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продemonстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1 2 4 5 6
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	3

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		
<b>Семестр 6</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1 3
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	2

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

**6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Семестр 5**

**Текущий контроль**

**1. Устный опрос**

Тема 1

1. Какое место и роль теплообменные аппараты занимают в схеме холодильной установки.
2. Вертикально-трубные погружные ТО.
3. Кожухо-трубные испарители и конденсаторы.
4. Воздушные конденсаторы.
5. Используемые хладагенты для холодильных машин.
6. Перспективные хладагенты для холодильных машин.
7. Требования, предъявляемые к хладагентам.
8. Требования к материалу ТО холодильной машины.
9. Влияние масел на работу ТО.
10. Типы применяемых хладоносителей.

**2. Устный опрос**

Тема 2

1. Основы теплообмена при свободной конвекции.
2. Основы теплообмена при вынужденной конвекции при движении внутри труб.
3. Основы теплообмена при вынужденной конвекции при продольном обтекании пучка труб.
4. Теплообмен при поперечном обтекании пучка гладких труб коридорного расположения.
5. Теплообмен при поперечном обтекании пучка гладких труб шахматного расположения.
6. Теплообмен при поперечном обтекании пучка оребренных труб шахматного расположения.
7. Теплообмен при поперечном обтекании пучка оребренных труб коридорного расположения.
8. Основы теплообмена в стекающей пленке жидкости.
9. Основы теплообмена при кипении жидкости.
10. Основы теплообмена при конденсации пара.



### 3. Лабораторные работы

#### Тема 3

1. Задачи и порядок теплового расчета.
2. Уравнения теплового баланса ТО.
3. Коэффициент теплопередачи ТО.
4. Приведенные коэффициенты теплоотдачи ТО.
5. Коэффициенты эффективности оребренной поверхности ТО.
6. Коэффициент полезного действия (КПД) То.
7. Определение конструктивных размеров и проходных сечений.
8. Гидромеханической расчет ТО.
9. Влияние пленки конденсата на процесс теплопередачи.
10. Определение температуры на внутренней стенки ТО.

### 4. Устный опрос

#### Тема 4

1. Классификация конденсаторов.
2. Классификация конденсаторных комплексов.
3. Конденсаторы с воздушным охлаждением.
4. Конденсаторы с водяным охлаждением.
5. Конденсаторы с водовоздушным охлаждением.
6. Особенности эксплуатации конденсаторов.
7. Влияние присутствия воздуха на работу конденсатора.
8. Влияние качества воды на работу конденсатора.
9. Влияние способа водоподготовки на работу конденсатора.
10. Особенности теплового расчета конденсаторных комплексов.

### 5. Устный опрос

#### Тема 5

1. Классификация испарителей.
2. Кожухотрубные испарители затопленного типа.
3. Кожухотрубные оросительные испарители.
4. Кожухотрубные испарители с кипением хладагента внутри труб.
5. Расчет паросодержания и определение скорости паровой и жидкой фаз.
6. Определение массы хладагента.
7. Панельные испарители.
8. Испарители-конденсаторы каскадных холодильных машин.
9. Конструктивные особенности аммиачных испарителей.
10. Особенности теплового расчета аммиачных испарителей.

### 6. Устный опрос

#### Тема 6

1. Классификация воздухоохладителей.
2. Поверхностные гладкие воздухоохладители.
3. Поверхностные оребренные воздухоохладители.
4. Особенности теплового расчета поверхностных воздухоохладителей.
5. Особенности аэродинамического расчета поверхностных воздухоохладителей.
6. Воздухоохладители смешанного типа.
7. Воздухоохладители контактного типа.
8. Методика теплового расчета контактных воздухоохладителей.
9. Методика аэродинамического расчета контактных воздухоохладителей.
10. Охлаждающие батареи.

### Зачет

#### Вопросы к зачету:

1. Место и роль теплообменных аппаратов в схеме холодильной установки.
2. Типы и классификация теплообменных аппаратов холодильных установок.
3. Настоящие и перспективные хладагенты и теплоносители.
4. Выбор материала для теплообменного аппарата холодильной машины и требования.
5. Расчет процесса теплообмена при свободной конвекции.
6. Расчет процесса теплообмена при вынужденной конвекции при движении внутри труб.
7. Расчет процесса теплообмена при поперечном обтекании пучка гладких и оребренных труб шахматного и коридорного расположения.
8. Расчет процесса теплообмена в стекающей пленке жидкости.
9. Расчет процесса теплообмена при кипении жидкости.

10. Расчет процесса теплообмена при конденсации пара.
11. Классификация конденсаторов и конденсаторных комплексов.
12. Особенности эксплуатации конденсаторов и влияние присутствия воздуха на работу конденсатора.
13. Влияние качества воды и способа водоподготовки.
14. Особенности теплового расчета конденсаторов и конденсаторных комплексов.
15. Классификация испарителей.
16. Панельные испарители.
17. Испарители-конденсаторы каскадных холодильных машин.
18. Аммиачные испарители.
19. Особенности теплового расчета испарителей.
20. Классификация воздухоохладителей, поверхностные воздухоохладители гладкие и оребренные.
21. Особенности теплового расчета и аэродинамического расчета поверхностных воздухоохладителей.
22. Воздухоохладители контактного и смешанного типа.
23. Методика теплового и аэродинамического расчета контактных воздухоохладителей.
24. Тепловой и аэродинамический расчет поверхностных воздухоохладителей.

## **Семестр 6**

### **Текущий контроль**

#### **1. Устный опрос**

##### Тема 7

1. Общие положения расчета на прочность теплообменных аппаратов.
2. Расчет корпусов цилиндрических теплообменных аппаратов.
3. Моментная и мембранная теории оболочек.
4. Краевая задача.
5. Расчет корпусов пластинчатых теплообменных аппаратов.
6. Расчет днищ цилиндрических теплообменных аппаратов.
7. Расчет крышек цилиндрических теплообменных аппаратов.
8. Укрепление отверстий в обечайках и днищах аппаратов.
9. Расчет трубных решеток.
10. Расчет фланцевых соединений теплообменных аппаратов.

#### **2. Лабораторные работы**

##### Тема 8

1. Методика технико-экономического анализа теплообменных аппаратов.
2. Критерий выбора технико-экономического расчета.
3. Методика сравнения различных теплообменных аппаратов.
4. Выбор оптимального соотношения поверхностей ТО.
5. Алгоритм оптимизации ТО.
6. Выбор критерия оптимизации ТО.
7. Упрощенный метод оптимизации режимов работы ТО.
8. Методика определения оптимальных режимов работы теплообменных аппаратов.
9. Методика основных параметров теплообменных аппаратов.
10. Выбор теплообменного оборудования работающего в составе холодильной машины.

#### **3. Устный опрос**

##### Тема 9

1. Общие положения интенсификации теплообмена.
2. Интенсификация процесса теплообмена со стороны хладагента в кожухотрубных теплообменных аппаратах с межтрубным расположением хладагента.
3. Интенсификация процесса теплообмена со стороны хладоносителя в кожухотрубных теплообменных аппаратах с межтрубным расположением хладагента.
4. Интенсификация процесса теплообмена со стороны хладагента в кожухотрубных теплообменных аппаратах с протеканием хладагента в трубах.
5. Интенсификация процесса теплообмена со стороны хладоносителя в кожухотрубных теплообменных аппаратах с протеканием хладагента в трубах.
6. Интенсификация процесса теплообмена в аппаратах воздушного охлаждения со стороны хладагента.
7. Интенсификация процесса теплообмена в аппаратах воздушного охлаждения со стороны воздуха.
8. Использование Перспективных материалов.
9. Интенсификация процесса теплообмена в аппаратах воздушного охлаждения.
10. Применение новых компактных типов теплообменных аппаратов.

### **Экзамен**

#### Вопросы к экзамену:

1. Типы и классификация ТО холодильных установок.
3. Хладагенты и теплоносители, перспективы развития.

4. Расчет термодинамических процессов в ТО общие положения.
5. Теплообмен при вынужденной конвекции при движении внутри труб.
6. Теплообмен при поперечном обтекании пучка гладких и оребренных труб шахматного и коридорного расположения.
7. Теплообмен в стекающей пленке жидкости.
8. Теплообмен при кипении жидкости.
9. Теплообмен при конденсации пара.
10. Особенности эксплуатации конденсаторов и влияние присутствия воздуха на работу конденсатора.
11. Влияние качества воды и способа водоподготовки.
12. Испарители-конденсаторы каскадных холодильных машин.
13. Особенности теплового расчета испарителей.
14. Классификация воздухоохладителей, поверхностные воздухоохладители гладкие и оребренные.
15. Особенности теплового расчета и аэродинамического расчета поверхностных воздухоохладителей.
16. Воздухоохладители контактного и смешанного типа.
17. Методика теплового и аэродинамического расчета контактных воздухоохладителей.
18. Тепловой и аэродинамический расчет поверхностных воздухоохладителей.
21. Расчет корпусов цилиндрических теплообменных аппаратов.
22. Расчет днищ и крышек цилиндрических теплообменных аппаратов.
23. Укрепление отверстий в обечайках и днищах аппаратов.
24. Расчет трубных решеток и фланцевых соединений теплообменных аппаратов.
25. Методика технико-экономического анализа теплообменных аппаратов.
26. Методика сопоставления различных теплообменных аппаратов.
27. Методика определения оптимальных режимов работы и основных параметров теплообменных аппаратов.
28. Выбор теплообменного оборудования работающего в составе холодильной машины и оптимального соотношения поверхностей.
29. Интенсификация процесса теплообмена в кожухотрубных теплообменных аппаратах с межтрубным расположением хладагента.
30. Интенсификация процесса теплообмена в кожухотрубных теплообменных аппаратах с протеканием хладагента в трубах.
31. Интенсификация процесса теплообмена в аппаратах воздушного охлаждения.
32. Применение новых компактных типов теплообменных аппаратов.

#### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 5</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	8
		2	8
		4	8
		5	8
		6	10

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	3	8
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50
<b>Семестр 6</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	15
		3	20
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	2	15
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Теплотехника [Электронный ресурс] / Рудобашта С. П. - М. : КолосС, 2010. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953206587.html>
2. Теплопередача, вентиляционные и тепловые расчеты в электромеханике [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Тюков В.А. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778223332.html>
3. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В.М. Свистунов, Н.К. Пушняков. - 4-е изд. - СПб. : Политехника, 2012. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785732509410.html>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Циклические тепловые процессы и теория теплопроводности в регенеративных воздухоподогревателях [Электронный ресурс] / Кирсанов Ю.А. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108317.html>
2. Теоретические и практические основы теплофизических измерений [Электронный ресурс] / Под ред. С. В. Пономарева. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109567.html>
3. Теплотехника в вопросах и ответах [Электронный ресурс]: учебное пособие / Купреенко А.И. - Брянск: Из-во Брянского ГАУ, 2010. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785885171724.html>
4. Теплогидравлические модели оборудования электрических станций [Электронный ресурс] / Аветисян А.Р., Пашенко А.Ф., Пашенко Ф.Ф., Пикина Г.А., Филиппов Г.А - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2013. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115186.html>

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>

Тепловые двигатели и нагнетатели - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200506.html>

ЭБС Издательства Лань - <http://e.lanbook.com/>

Электронный ресурс. - <http://ru.cyclopaedia.net/wiki/Гидрогазодинамика>

Электронный учебно-методический комплекс. - <http://www.studfiles.ru/preview/5999984/page:4/>

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий преподаватель устно, в логически выдержанной форме излагает новый учебный материал, который конспектируется студентами с оставлением (по возможности) полей для заметок и комментариев (дополнений лекционного материала по результатам самостоятельного изучения рекомендуемой литературы). Обучающиеся задают преподавателю уточняющие вопросы с целью выяснения теоретических положений, анализа информации, решения проблемных задач и др. При подготовке к лекционным и иным занятиям может понадобиться материал, изучавшийся на курсах: 'Математика', 'Физика' и др. Поэтому стоит обращаться к соответствующим источникам (учебникам, монографиям, статьям).
практические занятия	Работа на практических занятиях предполагает активное участие в обсуждении теоретических вопросов и решении задач с применением методических материалов и специализированного программного обеспечения. Задачи связаны с изучением термодинамических процессов канала теплообменников, соответственно: теплоотдачи при кипении, свободной и вынужденной конвекции и теплопроводности (кондукции), определением тепловых потоков, площади теплообмена и других геометрических размеров теплообменных аппаратов.
лабораторные работы	Работа обучающихся на лабораторных занятиях подразумевает выполнение натуральных и виртуальных экспериментов как на испытательных стендах, так и на компьютерах, последующую обработку экспериментальных данных с использованием специализированных компьютерных программ, оформление и защиту лабораторных работ.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов подразумевает как проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой учебной литературы, так и освоение материала, вынесенного на самостоятельное изучение, а также выполнение письменных домашних заданий и подготовку к устным опросам, практическим и лабораторным занятиям, зачету и экзамену.
устный опрос	Для подготовки к устным опросам рекомендуется выделять в материале проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем в лекции, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторами могут быть даны различные ответы. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных задач. В текстах авторов, таким образом, следует выделять следующие компоненты: постановка проблемы; варианты решения; аргументы в пользу тех или иных вариантов решения. На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу.
зачет	При подготовке к зачету необходимо, прежде всего, опираться на конспекты лекций, а также на источники, которые разбирались на лабораторных и практических занятиях в течение изучения курса. На зачете обучающийся отвечает на один вопрос из приведенного выше списка и на дополнительные вопросы преподавателя, заданные с целью уточнения уровня освоения компетенций.
экзамен	При подготовке к экзамену необходимо, прежде всего, опираться на конспекты лекций, а также на источники, которые разбирались на лабораторных и практических занятиях в течение изучения курса. На экзамене обучающийся отвечает на вопросы в выбранном билете (каждый билет содержит по два вопроса из приведенного выше списка).

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Освоение дисциплины "Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Специализированная лаборатория оснащена оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы по отдельным дисциплинам, а также практик и научно-исследовательской работы обучающихся. Лаборатория рассчитана на одновременную работу обучающихся академической группы либо подгруппы. Занятия проводятся под руководством сотрудника университета, контролирующего выполнение видов учебной работы и соблюдение правил техники безопасности. Качественный и количественный состав оборудования и расходных материалов определяется спецификой образовательных программ.

#### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 16.03.03 "Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения" и профилю подготовки Холодильная техника и системы жизнеобеспечения .