

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ"**

Рег. № 000004104



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и воспитательной работе

С.Л. Воробьева

Кафедра энергетики и электротехнологии

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Наименование дисциплины (модуля): Теплообменные процессы и установки

Уровень образования: Магистратура

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергетика теплотехнологии

Очная, заочная, очно-заочная

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ № 146 от 28.02.2018 г.)

Разработчики:

Артамонова Л. П., кандидат экономических наук, доцент

Ниязов А. М., кандидат технических наук, заведующий кафедрой

Программа рассмотрена на заседании кафедры, протокол № 01 от 30.08.2022 года

## 1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины - состоит в ознакомлении студентов с процессами теплообмена и установками, в которых эти процессы осуществляются; формирование у них знаний и умений для расширения и углубления своего научного и практического мировоззрения.

Задачи дисциплины:

- Овладение студентами основными процессами передачи теплоты и их закономерностями;;
- Приобретение знаний и навыков в сфере проектирования и эксплуатации теплообменного оборудования;;
- Приобретение знаний и навыков по принятию решений по улучшению эксплуатационных характеристик и повышению промышленной безопасности теплообменных установок;;
- Освоить методики анализа эффективности проектных решений и работы теплообменного оборудования;;
- Освоить способы повышения энергоэффективности и энергосбережения в теплообменных установках.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Теплообменные процессы и установки» относится к базовой части учебного плана.

Дисциплина изучается на 1 курсе, в 2 семестре.

Изучению дисциплины «Теплообменные процессы и установки» предшествует освоение дисциплин (практик):

Измерение теплотехнических величин;

Метрологическое обеспечение научных исследований.

Освоение дисциплины «Теплообменные процессы и установки» является необходимой основой для последующего изучения дисциплин (практик):

Моделирование и оптимизация в теплоэнергетике;

Проблемы энерго и ресурсосбережения в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях;

Проектирование энергосистем;

Современные проблемы теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к видам профессиональной деятельности и решению профессиональных задач, предусмотренных ФГОС ВО и учебным планом.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

**- ПК-1 Способен формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов**

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

Знать стандарты, технические условия и нормативную документацию, применяемую в разработке проектной и рабочей документации

Студент должен уметь:

Применять стандарты, технические условия и другую нормативную документацию для разработки проектной и рабочей технической документации

Студент должен владеть навыками:

Методами использования современных стандартов и нормативной документации, применяемой в разработке проектной и рабочей документации

**- УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий**

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Студент должен уметь:

демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;

применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Студент должен владеть навыками:

базовыми знаниями в области естественнонаучных дисциплин, методами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; способностью применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математи-ческого анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

**4. Объем дисциплины и виды учебной работы (очная форма обучения)**

Вид учебной работы	Всего часов	Второй семестр
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
Практические занятия	12	12
Лекционные занятия	8	8
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>52</b>	<b>52</b>
<b>Виды промежуточной аттестации</b>		
Зачет		+
<b>Общая трудоемкость часы</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>Общая трудоемкость зачетные единицы</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

**Объем дисциплины и виды учебной работы (заочная форма обучения)**

Вид учебной работы	Всего часов	Третий триместр	Четверты й триместр
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	
Практические занятия	6	6	
Лекционные занятия	2	2	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>36</b>
<b>Виды промежуточной аттестации</b>			
Зачет			+
<b>Общая трудоемкость часы</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Общая трудоемкость зачетные единицы</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Объем дисциплины и виды учебной работы (очно-заочная форма обучения)**

Вид учебной работы	Всего часов	Третий триместр	Четверты й триместр
--------------------	-------------	-----------------	---------------------

<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	
Практические занятия	6	6	
Лекционные занятия	2	2	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>36</b>
<b>Виды промежуточной аттестации</b>			
Зачет			+
<b>Общая трудоемкость часы</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Общая трудоемкость зачетные единицы</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

## 5. Содержание дисциплины

### Тематическое планирование (очное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	<b>Второй семестр, Всего</b>	<b>72</b>	<b>8</b>	<b>12</b>		<b>52</b>
<b>Раздел 1</b>	<b>Теплообменные процессы</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>20</b>
Тема 1	Виды теплообмена. Механизм процесса теплообмена.	14	2	2		10
Тема 2	Расчет процессов теплообмена	14	2	2		10
<b>Раздел 2</b>	<b>Теплообменные установки</b>	<b>44</b>	<b>4</b>	<b>8</b>		<b>32</b>
Тема 3	Теплообменные аппараты. Принцип работы ТА.	22	2	4		16
Тема 4	Тепловой и гидравлический расчет теплообменников.	22	2	4		16

### Содержание дисциплины (очное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение. Механизмы передачи теплоты при разных видах теплообмена. Основные уравнения теплообмена: теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи. Коэффициенты теплообмена, их физические смыслы. Интенсификация процессов теплообмена.
Тема 2	Теплопроводность тел различной формы при стационарном и нестационарном режимах. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкости. Теплообмен при кипении жидкости и конденсации паров. Сложный теплообмен. Расчет средней движущей силы. Расчет коэффициента теплопередачи. Определение площади теплообмена.
Тема 3	Классификация ТА. Конструкции теплообменников. Механизмы передачи теплоты в ТА разных типов. Сравнительная оценка и области применения различных теплообменников. Пути интенсификации работы теплообменников.

Тема 4	Тепловой конструкционный и поверочный расчет ТА. Расчет потерь давления теплоносителя в каналах ТА. Параметры, определяющие гидравлическое сопротивление каналов. Определение мощности прокачивающего устройства. Определение критериев эффективности ТА.
--------	---

### Тематическое планирование (заочное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	<b>Всего</b>	<b>68</b>	<b>2</b>	<b>6</b>		<b>60</b>
<b>Раздел 1</b>	<b>Теплообменные процессы</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>24</b>
Тема 1	Виды теплообмена. Механизм процесса теплообмена.	13,5	0,5	1		12
Тема 2	Расчет процессов теплообмена	13,5	0,5	1		12
<b>Раздел 2</b>	<b>Теплообменные установки</b>	<b>41</b>	<b>1</b>	<b>4</b>		<b>36</b>
Тема 3	Теплообменные аппараты. Принцип работы ТА.	20,5	0,5	2		18
Тема 4	Тепловой и гидравлический расчет теплообменников.	20,5	0,5	2		18

### Содержание дисциплины (заочное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение. Механизмы передачи теплоты при разных видах теплообмена. Основные уравнения теплообмена: теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи. Коэффициенты теплообмена, их физические смыслы. Интенсификация процессов теплообмена.
Тема 2	Теплопроводность тел различной формы при стационарном и нестационарном режимах. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкости. Теплообмен при кипении жидкости и конденсации паров. Сложный теплообмен. Расчет средней движущей силы. Расчет коэффициента теплопередачи. Определение площади теплообмена.
Тема 3	Классификация ТА. Конструкции теплообменников. Механизмы передачи теплоты в ТА разных типов. Сравнительная оценка и области применения различных теплообменников. Пути интенсификации работы теплообменников.
Тема 4	Тепловой конструкционный и поверочный расчет ТА. Расчет потерь давления теплоносителя в каналах ТА. Параметры, определяющие гидравлическое сопротивление каналов. Определение мощности прокачивающего устройства. Определение критериев эффективности ТА.

### Тематическое планирование (очно-заочное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов				Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	<b>Всего</b>	<b>68</b>	<b>2</b>	<b>6</b>		<b>60</b>
<b>Раздел 1</b>	<b>Теплообменные процессы</b>	<b>32</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>29</b>
Тема 1	Виды теплообмена. Механизм процесса теплообмена.	15,5	0,5			15
Тема 2	Расчет процессов теплообмена	16,5	0,5	2		14
<b>Раздел 2</b>	<b>Теплообменные установки</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>4</b>		<b>31</b>
Тема 3	Теплообменные аппараты. Принцип работы ТА.	17,5	0,5	2		15
Тема 4	Тепловой и гидравлический расчет теплообменников.	18,5	0,5	2		16

### Содержание дисциплины (очно-заочное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение. Механизмы передачи теплоты при разных видах теплообмена. Основные уравнения теплообмена: теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи. Коэффициенты теплообмена, их физические смыслы. Интенсификация процессов теплообмена.
Тема 2	Теплопроводность тел различной формы при стационарном и нестационарном режимах. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкости. Теплообмен при кипении жидкости и конденсации паров. Сложный теплообмен. Расчет средней движущей силы. Расчет коэффициента теплопередачи. Определение площади теплообмена.
Тема 3	Классификация ТА. Конструкции теплообменников. Механизмы передачи теплоты в ТА разных типов. Сравнительная оценка и области применения различных теплообменников. Пути интенсификации работы теплообменников.
Тема 4	Тепловой конструкционный и поверочный расчет ТА. Расчет потерь давления теплоносителя в каналах ТА. Параметры, определяющие гидравлическое сопротивление каналов. Определение мощности прокачивающего устройства. Определение критериев эффективности ТА.

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

#### Литература для самостоятельной работы студентов

1. Таранова, Л. В. Теплообменные аппараты и методы их расчета : [ Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов специальности 240801 «Машины и аппараты химических производств» при изучении дисциплины «Машины и аппараты химических производств», а также для курсового и дипломного проектирования / Л. В. Таранова ; ГОУ ВПО Тюменский гос. нефтегазовый ун-т. - Тюмень : [б. и.], 2009. - on-line. - Систем. требования: Наличие подключения к локальной сети академии и к Интернет. - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/223927/info>

2. Тепломассообмен : методические указания для самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению "Теплотехника и теплоэнергетика" / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск : [б. и.], 2015. - URL: <http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=12766&id=20850>

3. Тепломассообмен : методические указания для самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению "Теплотехника и теплоэнергетика" / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск : [б. и.], 2015. - URL: <http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=12766&id=20852>

4. Тепломассообменное оборудование предприятий. Расчет теплообменного оборудования [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», сост. Артамонова Л. П. - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2021. - 32 с. - Режим доступа: <http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&id=43657>

5. Тепломассообменное оборудование предприятий [Электронный ресурс]: учебное пособие : для студентов, обучающихся по направлению «Теплотехника и теплоэнергетика» очной и заочной форм обучения, сост. Артамонова Л. П. - Издание [3-е изд., доп.] - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 156 с. - Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/732907/info>

### **Вопросы и задания для самостоятельной работы (очная форма обучения)**

#### **Второй семестр (52 ч.)**

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (30 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

Вид СРС: Контрольная работа (выполнение) (10 ч.)

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Вид СРС: Реферат (выполнение) (12 ч.)

Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

### **Вопросы и задания для самостоятельной работы (заочная форма обучения)**

#### **Всего часов самостоятельной работы (60 ч.)**

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (36 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

Вид СРС: Контрольная работа (выполнение) (14 ч.)

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Вид СРС: Реферат (выполнение) (10 ч.)

Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

## Вопросы и задания для самостоятельной работы (очно-заочная форма обучения)

### Всего часов самостоятельной работы (60 ч.)

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (36 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

Вид СРС: Контрольная работа (выполнение) (10 ч.)

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Вид СРС: Реферат (выполнение) (14 ч.)

Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

### 7. Тематика курсовых работ(проектов)

Курсовые работы (проекты) по дисциплине не предусмотрены.

## 8. Фонд оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации

### 8.1. Компетенции и этапы формирования

Коды компетенций	Этапы формирования		
	Курс, семестр	Форма контроля	Разделы дисциплины
ПК-1 УК-1	1 курс, Второй семестр	Зачет	Раздел 1: Теплообменные процессы.
ПК-1 УК-1	1 курс, Второй семестр	Зачет	Раздел 2: Теплообменные установки.

### 8.2. Показатели и критерии оценивания компетенций, шкалы оценивания

В рамках изучаемой дисциплины студент демонстрирует уровни овладения компетенциями:

Повышенный уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения является основой для формирования компетенций, соответствующих требованиям ФГОС. Обучающиеся способны использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях.

Базовый уровень:

Обучающиеся продемонстрировали результаты на уровне осознанного владения знаниями, умениями, навыками. Обучающиеся способны анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях.

Пороговый уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения показывает, что обучающиеся обладают необходимой системой знаний и владеют некоторыми умениями по дисциплине. Обучающиеся способны понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практико-ориентированных задач.



Уровень ниже порогового:

Результаты обучения свидетельствуют об усвоении ими некоторых элементарных знаний основных вопросов по дисциплине. Допущенные ошибки и неточности показывают, что студенты не овладели необходимой системой знаний по дисциплине.

Уровень сформированности компетенции	Шкала оценивания для промежуточной аттестации	
	Экзамен (дифференцированный зачет)	Зачет
Повышенный	5 (отлично)	зачтено
Базовый	4 (хорошо)	зачтено
Пороговый	3 (удовлетворительно)	зачтено
Ниже порогового	2 (неудовлетворительно)	не зачтено

Критерии оценки знаний студентов по дисциплине

Оценка Не зачтено:

Полнота знаний: уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки.  
Наличие умений: при решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки.

Наличие навыков (владение опытом): при решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки.

Характеристика сформированности компетенций:

- компетенция в полной мере не сформирована;
- имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: низкий.

Оценка Зачтено:

Полнота знаний: не ниже минимально допустимого уровня знаний, возможен допуск множества негрубых ошибок.

Наличие умений: умения сформированы не ниже демонстрации основных умений, решения типовых задач с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме.

Наличие навыков (владение опытом): как минимум имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции не ниже минимальных требований;
- имеющихся знаний, умений, навыков как минимум достаточно для решения практических (профессиональных) задач, возможно требуется дополнительная практика по большинству практических задач.

Уровень сформированности компетенций: минимальный уровень ниже среднего.

### 8.3. Типовые вопросы, задания текущего контроля

Раздел 1: Теплообменные процессы

УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

1. Температурное поле тел различной формы при граничных условиях первого рода.
2. Нестационарное температурное поле тел различной формы.
3. Гидродинамический и тепловой пограничные слои.
4. Теплоотдача при свободной конвекции жидкости.
5. Теплоотдача при вынужденной конвекции.
6. Термодинамические условия протекания процесса теплообмена при конденсации пара.

7. Механизм теплообмена при пузырьковом и пленочном кипении жидкостей.
8. Собственное, отраженное, поглощенное, пропущенное, эффективное, результирующее излучение.
9. Законы теплового излучения.
10. Теплопередача через стенки различной формы.

ПК-1 Способен формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов

1. Определить температуры на поверхностях соприкосновения слоев стенки  $t_{c2}$  камеры сгорания и на внешней поверхности  $t_{c3}$ , если внутренний диаметр камеры  $d=190$  мм, толщина защитного покрытия, расположенного с внутренней стороны основной стенки,  $\delta=1$  мм и его коэффициент теплопроводности  $\lambda=1,15$  Вт/м $^{\circ}$ С, а толщина основной стенки  $\delta=2$  мм и ее коэффициент теплопроводности  $\lambda=372$  Вт/м $^{\circ}$ С. Удельный тепловой поток  $q=407500$  Вт/м, температура на поверхности покрытия со стороны камеры  $t_{c2}=12000$ С.

2. По стержню из нержавеющей стали диаметром  $d=10$  мм проходит электрический ток, вызывающий объемное выделение теплоты мощностью  $qv=2,4 \cdot 10^7$  Вт/м $^3$ . На поверхности стержня поддерживается температура  $t_c=300$ С. Найти температуру на оси стержня  $t_0$  и плотность теплового потока на внешней поверхности стержня, если коэффициент теплопроводности стали  $\lambda=25$  Вт/м $^{\circ}$ С.

3. Начальная температура листа стали толщиной  $\delta=10$  мм,  $t_0=1000$ С. Физические свойства стали: коэффициент теплопроводности  $\lambda=45$  Вт/м $^{\circ}$ С, плотность  $\rho=7900$  кг/м $^3$ , теплоемкость  $c_p=0,46$  кДж/кг $^{\circ}$ С. Найти температуру листа через 1 мин после начала охлаждения в воздухе и в воде. Для воздуха коэффициент теплоотдачи  $\alpha=8$  Вт/м $^2$   $^{\circ}$ С, для воды  $\alpha=500$  Вт/м $^2$   $^{\circ}$ С. И в том и в другом случае  $t_{ж}=200$ С.

4. Определить потерю теплоты путем свободной конвекции от вертикальной трубы диаметром  $d=200$  мм и длиной  $l=5$  м к воздуху, если средняя температура поверхности трубы  $t_c=950$ С, а средняя температура воздуха  $t_{ж}=2500$ С.

4. Определить средний коэффициент теплоотдачи от воздуха для 4-рядного коридорного пучка труб диаметром  $d=12$  мм. Средняя температура воздуха  $t_{ж}=950$ С, средняя скорость в самом узком сечении пучка  $\omega=15$  м/с, угол атаки  $\varphi^{\circ}=900$ С.

5. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к трубе (горизонтальной и вертикальной) конденсатора и количество конденсата, образующегося за 1 час, если труба имеет наружный диаметр  $d=12$  мм, высотой (длиной)  $h=6$  м и среднюю температуру поверхности  $t_{ст}=200$ С. На поверхности трубы конденсируется сухой насыщенный пар при давлении  $P=1,5$  МПа.

6. Горячий газ движется по каналу, стенки которого нагреты до  $180$   $^{\circ}$ С. В поток газа помещена термопара, которая показывает температуру  $340$   $^{\circ}$ С. Коэффициент теплового излучения спая термопары  $0,88$ . Коэффициент конвективной теплоотдачи от потока газа к спая термопары  $50$  Вт/(м $^2$ ·К). Из-за лучистого теплообмена между спаем и стенками канала термопара показывает заниженную температуру газа. Найти действительную температуру газа в канале.

7. Найти толщину слоя шлаковаты, которым надо изолировать плоскую стенку от окружающей среды, чтобы уменьшить потери теплоты в 2 раза по сравнению с неизолированной стенкой. Температура наружной поверхности стенки после наложения изоляции не изменилась, Коэффициент теплоотдачи в окружающую среду принять в обоих случаях  $=1,16$  Вт/м $^2$ · $^{\circ}$ С.

Раздел 2: Теплообменные установки

УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

1. Типы теплообменников. Методика теплового расчета рекуперативных теплообменников.

2. Тепловые и материальные балансы теплообменного оборудования.
3. Конструкционный и поверочный расчет рекуперативных теплообменных аппаратов.
4. Анализ эффективности работы теплообменного оборудования
5. Рекуперативные теплообменные аппараты, их классификация, назначение и области применения.
6. Теплообменники периодического действия. Температурные графики и расчет периодического действия.
7. Регенеративные теплообменные аппараты, область их применения, конструкции и принцип действия.
8. Расчет коэффициента теплопередачи в регенераторе. Температурный гистерезис. Влияние характеристик насадки на тепловую эффективность регенератора.
9. Смесительные теплообменные аппараты. Тепловой баланс смесительного аппарата. Построение процесса изменения состояния воздуха в смесительном теплообменнике.

ПК-1 Способен формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов

1. Вычислить поверхность нагрева противоточного теплообменника для передачи 8 МДж теплоты в секунду, если на входе газ имеет температуру 380 °С, на выходе 210 °С. Температура воздуха на входе 150 °С. Расходы и теплоемкости газа и воздуха одинаковы, коэффициент теплопередачи 90 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Можно ли осуществить данный нагрев воздуха, если теплообменник будет включен по прямоточной схеме?

2. Теплопроизводительность теплообменника  $Q=470$  кВт; температура греющей воды на входе в подогреватель  $t_1'=70$ °С, на выходе из теплообменника  $t_1''=30$ °С, нагреваемой воды на входе и выходе из теплообменника, соответственно,  $t_2'=5$  и  $t_2''=60$ °С, средние температуры греющей и нагреваемой воды величина остывания греющей воды величина подогрева нагреваемой воды Температурный напор расходы греющей и нагреваемой воды коэффициенты, учитывающие термическое сопротивление загрязнений и стенки пластины, Располагаемый перепад давления по ходу нагреваемой воды, коэффициент, учитывающий влияние на накипеобразования, .

Принимаем для установки теплообменник на базе пластин типа 0,6, изготовленных из низколегированной стали.

3. Подобрать водяной калорифер для отопления производственного здания. Внешний объем здания  $V=1800$  м<sup>3</sup>. Нормируемая температура внутреннего воздуха  $t_{в}=18$ °С. Наименьшая температура наружного воздуха в отопительный период  $t_{н}=-34$ °С. Отопительная характеристика здания  $q_{от}=0,45$  Вт/м<sup>3</sup> °С. Кратность воздухообмена  $k=L/V=3$ . Массовая скорость воздуха  $(v\rho)_p=6$  кг/с·м<sup>2</sup>. Температура на входе в калорифер  $t_{пр}=90$ °С, на выходе  $t_0=70$  °С.

#### 8.4. Вопросы промежуточной аттестации

##### Второй семестр (Зачет, ПК-1, УК-1)

1. Способы теплообмена. Основные понятия теплообмена.
2. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности газов, жидкостей, твердых тел.
3. Теплопроводность тел различной формы. Термическое сопротивление теплопроводности.
4. Перенос теплоты в телах различной формы при переменном коэффициенте теплопроводности.
5. Нестационарное температурное поле тел различной формы. Числа Фурье, Био.
6. Сущность конвективной теплоотдачи. Свободная и вынужденная конвекция.
7. Закон Ньютона - Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Факторы, влияющие на его значение.
8. Гидродинамическая структура потока. Режимы течения. Тепловой и гидродинамический пограничные слои.

9. Дифференциальные уравнения процесса теплоотдачи. Краевые условия.
10. Основы теории подобия. Подобие процессов конвективного теплообмена. Критерии подобия. Критериальные уравнения
11. Критериальные уравнения вынужденной конвекции. Определяющие размер и температура.
12. Теплоотдача при свободной конвекции. Теплоотдача в неограниченном и ограниченном пространствах.
13. Теплообмен излучением. Виды лучистых потоков. Эффективное излучение. Результирующее излучение.
14. Законы теплового излучения. Серое тело и степень черноты.
15. Лучистый теплообмен между телами. Тепловое излучение газов.
16. Теплопередача через тела различной формы. Уравнение теплопередачи.
17. Тепловая изоляция. Критическая толщина изоляции.
18. Теплопередача через ребристые поверхности. Коэффициент эффективности ребра.
19. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов.
20. Тепловой и материальный балансы теплообменных аппаратов.
21. Рекуперативные теплообменные аппараты. Принцип работы. Виды рекуперативных теплообменников.
22. Конструкционный тепловой расчет рекуперативного теплообменника.
23. Поверочный расчет рекуперативных теплообменников.
24. Гидравлический расчет рекуперативных теплообменников.
25. Регенеративные теплообменные аппараты. Принцип работы. Виды регенеративных теплообменников.
26. Тепловой расчет регенеративных теплообменников.
27. Смесительные теплообменные аппараты. Принцип работы. Виды смесительных теплообменников.
28. Аппараты с непосредственным контактом газов и жидкости (скрубберы).

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

Контроль знаний студентов по дисциплине проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий и промежуточный контроль. Методы контроля: - тестовая форма контроля; - устная форма контроля – опрос и общение с аудиторией по поставленной задаче в устной форме; - решение определенных заданий (задач) по теме практического материала в конце практического занятия, в целях эффективности усвояемости материала на практике. - поощрение индивидуальных заданий, в которых студент проработал самостоятельно большое количество дополнительных источников литературы. Текущий контроль предусматривает устную форму опроса студентов и письменный экспресс-опрос по окончании изучения каждой темы.

#### **9. Перечень учебной литературы**

1. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по энергет. спец. / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - 3-е изд., стер. - Москва : МЭИ, 2006. - 549 с.
2. Кудинов, А. А. Тепломассообмен : учебное пособие для студентов направления подготовки 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника» высших учебных заведений / А. А. Кудинов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 375 с. - (Высшее образование - Бакалавриат). - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=356046>

3. Теплообменное оборудование предприятий : учебное пособие : для студентов, обучающихся по направлению «Теплотехника и теплоэнергетика» очной и заочной форм обучения / составитель Л. П. Артамонова. - [3-е изд., доп.]. - Ижевск : РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 156 с. - URL: <http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&id=29338>; <https://lib.rucont.ru/efd/732907/info>

#### 10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. <http://portal.izhgsha.ru> - Интернет-портал ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА»
2. <http://lib.rucont.ru> - ЭБС «Руконт»
3. <http://ebs.rgazu.ru> - ЭБС AgriLib
4. <http://elib.izhgsha.ru/> - ЭБС ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА
5. [http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=28060](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=28060) - Академия энергетики  
Издательский Дом "Президент-Нева"
6. <http://www.energoeffekt21.ru/> - Портал "ЭнергоЭффективность XXI век"

#### 11. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины (модуля)

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, изучить перечень рекомендуемой литературы, приведенной в рабочей программе дисциплины. Для эффективного освоения дисциплины рекомендуется посещать все виды занятий в соответствии с расписанием и выполнять все домашние задания в установленные преподавателем сроки. В случае пропуска занятий по уважительным причинам, необходимо получить у преподавателя индивидуальное задание по пропущенной теме. Полученные знания

и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения задач, не обязательно связанных с программой дисциплины. Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением ставить конкретные задачи, выявлять существующие проблемы, решать их и принимать на основе полученных результатов оптимальные решения. Основными видами учебных занятий для студентов по учебной дисциплине являются: занятия лекционного типа, занятия семинарского типа и самостоятельная работа студентов.

Формы работы	Методические указания для обучающихся
Лекционные занятия	<p>Работа на лекции является очень важным видом деятельности для изучения дисциплины, т.к. на лекции происходит не только сообщение новых знаний, но и систематизация и обобщение накопленных знаний, формирование на их основе идейных взглядов, убеждений, мировоззрения, развитие познавательных и профессиональных интересов.</p> <p>Краткие записи лекций (конспектирование) помогает усвоить материал. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п.</p> <p>Прослушивание и запись лекции можно производить при помощи современных устройств (диктофон, ноутбук, нетбук и т.п.).</p>

	<p>Работая над конспектом лекций, всегда следует использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор, в том числе нормативно-правовые акты соответствующей направленности. По результатам работы с конспектом лекции следует обозначить вопросы, термины, материал, который вызывают трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на занятии семинарского типа.</p> <p>Лекционный материал является базовым, с которого необходимо начать освоение соответствующего раздела или темы.</p>
<p>Лабораторные занятия</p>	<p>При подготовке к занятиям и выполнении заданий студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p> <p>Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.</p> <p>Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проработать конспект лекций;</li> <li>- проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю);</li> <li>- изучить решения типовых задач (при наличии);</li> <li>- решить заданные домашние задания;</li> <li>- при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.</li> </ul> <p>В конце каждого занятия типа студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии семинарского типа или на индивидуальные консультации.</p>
<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа студентов является составной частью их учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков, поиск и приобретение новых знаний.</p> <p>Самостоятельная работа студентов включает в себя освоение теоретического материала на основе лекций, рекомендуемой литературы; подготовку к занятиям семинарского типа в индивидуальном и групповом режиме. Советы по самостоятельной работе с точки зрения использования литературы, времени, глубины проработки темы и др., а также контроль за деятельностью студента осуществляется во время занятий.</p> <p>Целью преподавателя является стимулирование самостоятельного, углублённого изучения материала курса, хорошо структурированное, последовательное изложение теории на занятиях лекционного типа, отработка навыков решения задач и системного анализа ситуаций на занятиях семинарского типа, контроль знаний студентов.</p> <p>Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.</p> <p>Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе обучающихся относится подготовка к практическим занятиям, по результатам которой представляется отчет преподавателю и проходит собеседование.</p>

	<p>При самостоятельной подготовке к практическому занятию обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ;</li> <li>- изучает информационные материалы;</li> <li>- подготавливает и оформляет материалы практических работ в соответствии с требованиями.</li> </ul> <p>В результате выполнения видов самостоятельной работы происходит формирование компетенций, указанных в рабочей программы дисциплины (модуля).</p>
<p>Практические занятия</p>	<p>Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Ими могут быть: выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), занятия-конкурсы и т.д. При устном выступлении по контрольным вопросам семинарского занятия студент должен излагать (не читать) материал выступления свободно. Необходимо концентрировать свое внимание на том, что выступление должно быть обращено к аудитории, а не к преподавателю, т.к. это значимый аспект формируемых компетенций.</p> <p>По окончании семинарского занятия обучающемуся следует повторить выводы, полученные на семинаре, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе. Для этого обучающемуся в течение семинара следует делать пометки. Более того, в случае неточностей и (или) непонимания какого-либо вопроса пройденного материала обучающемуся следует обратиться к преподавателю для получения необходимой консультации и разъяснения возникшей ситуации.</p> <p>При подготовке к занятиям студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p> <p>Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.</p> <p>Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проработать конспект лекций;</li> <li>- проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю);</li> <li>- изучить решения типовых задач (при наличии);</li> <li>- решить заданные домашние задания;</li> <li>- при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.</li> </ul> <p>В конце каждого занятия студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии или на индивидуальные консультации.</p>

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а так же в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимся с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),

- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,

- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),

- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,

- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию обучающегося задания могут выполняться в устной форме.

## **12. Перечень информационных технологий**

Информационные технологии реализации дисциплины включают

### **12.1 Программное обеспечение**

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. Подписка на 3 года. Договор № 9-БД/19 от 07.02.2019. Последняя доступная версия программы. Astra Linux Common Edition. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

2. Базовый пакет программ Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint). Microsoft Office Standard 2016. Бессрочная лицензия. Договор №79-ГК/16 от 11.05.2016. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №0313100010014000038-0010456-01 от 11.08.2014. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №26 от 19.12.2013. Microsoft Office Professional Plus 2010. Бессрочная лицензия. Договор №106-ГК от 21.11.2011. Р7-Офис. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

### **12.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**



1. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант плюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.
2. Профессиональные базы данных на платформе 1С: Предприятие с доступными конфигурациями (1С: ERP Агропромышленный комплекс 2, 1С: ERP Энергетика, 1С: Бухгалтерия молокозавода, 1С: Бухгалтерия птицефабрики, 1С: Бухгалтерия элеватора и комбикормового завода, 1С: Общепит, 1С: Ресторан. Фронт-офис). Лицензионный договор № Н8775 от 17.11.2020 г.

### **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Оснащение аудиторий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории, компьютерами с необходимым программным обеспечением, выходом в «Интернет» и корпоративную сеть университета
2. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью, компьютерами с необходимым программным обеспечением, выходом в «Интернет» и корпоративную сеть университета
4. Помещение для самостоятельной работы. Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
5. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.