

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

авиационной и морской техники

(наименование факультета)

О.А. Красильникова

(подпись, ФИО)

« 14 » 05 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Повышение тепловой эффективности теплового энергетического**  
**оборудования**

Направление подготовки	13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника"
Направленность (профиль) образовательной программы	Технология производства тепловой и электрической энергии
Квалификация выпускника	магистр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	очная
Технология обучения	традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
1	2	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой КП	Кафедра «ТЭУ - Тепловые энергетические установки»

Разработчик рабочей программы:

доцента кафедры ТЭУ, к.т.н.  
(должность, степень, ученое звание)



(подпись)

Смирнов А.В.  
(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ТЭУ

(наименование кафедры)



(подпись)

Смирнов А.В.  
(ФИО)

Заведующий выпускающей  
кафедрой<sup>1</sup>

(наименование кафедры)

(подпись)

(ФИО)

<sup>1</sup> Согласовывается, если РПД разработана не на выпускающей кафедре.

## 1 Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Повышение тепловой эффективности теплового энергетического оборудования» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 146 от 28.02.2018, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Технология производства тепловой и электрической энергии» по направлению 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника".

Задачи дисциплины	<p>В результате изучения дисциплины студент должен:</p> <p><i>знать</i>: механизмы переноса теплоты и их физическую суть; математический аппарат, описывающий конкретный вид теплообмена; свойства материалов в части переноса теплоты; виды теплообменных аппаратов и пути их развития; способы интенсификации теплообмена.</p> <p><i>уметь</i>: выполнять расчеты процессов теплообмена для типовых случаев; определять интенсивность передачи теплоты; выбирать способы повышения эффективности теплообмена.</p> <p><i>владеть навыками</i>: расчета процессов теплообмена теплоэнергетического оборудования.</p>
Основные разделы / темы дисциплины	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение</li> <li>2. Основные виды теплообмена.</li> <li>3. Задачи переноса теплоты теплопроводностью.</li> <li>4. Задачи конвективного теплообмена.</li> <li>5. Задачи лучистого теплообмена.</li> <li>6. Задачи сложных видов теплообмена.</li> <li>7. Виды теплообменных аппаратов и пути их развития.</li> <li>8. Пути интенсификации теплообмена.</li> </ol>

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Повышение тепловой эффективности теплового энергетического оборудования» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
<p>ПК-1</p> <p>Способен формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии</p>	<p>ПК-1.1</p> <p>Знает принципы формулирования заданий на разработку проектных решений в области модернизации технологического оборудования, улучшения его эксплуатационных характеристик, повышения экологической безопасности, экономии ресурсов</p> <p>ПК-1.2</p> <p>Умеет формулировать задания на разработку проектных реше-</p>	<p>Знать принципы действия и технологические схемы современных способов повышения тепловой эффективности теплоэнергетического оборудования</p> <p>Уметь представлять проблемы и перспективы развития со-</p>

ресурсов	ний по выбранной теме ПК-1.3. Владеет навыком постановки задач на проектирование	временных теплообменных устройств и аппаратов; Владеть навыком анализировать эффективность работы современных и перспективных теплообменных установок и аппаратов
ПК-2 Способен к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования	ПК-2.1 Знает методики проведения технических расчетов, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений ПК-2.2 Умеет проводить расчетные исследования и оценивать эффективность проектных решений  ПК-2.3 Владеет навыком проведения технических расчетов объектов профессиональной деятельности	Знать методики проведения технических расчетов, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений в области тепловой эффективности Уметь проводить расчетные исследования и оценивать эффективность проектных решений в области тепловой эффективности Владеть навыком проведения технических расчетов объектов профессиональной деятельности в области тепловой эффективности

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Повышение тепловой эффективности теплового энергетического оборудования» изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин: «Парогазовые установки тепловых электрических станций», «Основы проектирования тепловых электрических станций и атомных электрических станций».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Повышение тепловой эффективности теплового энергетического оборудования», будут востребованы при изучении последующих дисциплин «Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике и теплотехнике», «Управление проектами», «Экологическая безопасность тепловых электрических станций», «Производственная (проектная) практика».

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

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 з.е., 144 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	35
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	16
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	16
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	112
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой КП	

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Раздел 1</b> Интенсификация процессов теплоотдачи				
Теплообменное оборудование ТЭЦ и ТЭС. Виды, устройство, классификация теплообменников	2	2	-	9
Энергетическая эффективность конвективных поверхностей нагрева	2	2	-	9
Глубокая утилизации тепла дымовых газов	2	2	-	9
Принципы компоновки теплообменных аппаратов	2	2	-	9
Способы интенсификации теплообмена в теплообменных аппаратах	2	2	-	9
Пути повышения тепловой эффективности систем теплоснабжения	2	2	-	9
<b>Раздел 2</b> Энергетическая эффективность при				

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
движении теплоносителя в трубах и каналах				
Интенсификация теплообмена за счет изменения рельефа поверхности	2	2	-	9
Интенсификация теплообмена за счет использования профилированных труб и каналов и за счет закрутки потока, пластинчатых теплообменных поверхностей.	2	2	-	9
Повышение эффективности работы заданного типа теплообменного аппарата				40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>112</b>

## 6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модюлю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	48
Подготовка к занятиям семинарского типа	24
Подготовка и оформление КП	40
	112

## 7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модюлю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модюлю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модюля)

### 8.1 Основная литература

1. Щинников, П. А. Проектирование одноцилиндровой конденсационной турбины / Щинников П.А. - Новосиб.:НГТУ, 2013. - 83 с. // ZNANIUM.COM : электронно-

библиотечная система. - Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. - Загл. с экрана.

2. Ухин, Б. В. Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидрорпри-вод: Учебное пособие / Ухин Б. В. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 320 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. - Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. - Загл. с экрана.

3. Теплотехника: Учебник для вузов / Под ред. В.Н.Луканина. - 4-е изд., испр., 3-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2005; 2003; 2002. - 672с.

4. Теплотехника: Учебник для вузов / А. П. Баскаков, Б. В. Берг, О. К. Витт и др.; Под ред. А.П. Баскакова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Бастет, 2010. - 325с.

## **8.2 Дополнительная литература**

1. Проскуряков В.М., Самуйлавичус Р.И. Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов: показатели, факторы роста, анализ.- М.: Экономика, 1988. -175с.

2. Локалов Г.А. Осевые и центробежные насосы тепловых электрических станций [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.А. Локалов, В.М. Марковский. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 140 с. // IPRbooks: электронно-библиотечная система. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69653.html>, ограниченный. - Загл. с экрана.

## **8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Отсутствуют

## **8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

1. Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM Договор ЕП 44 003/10 эбс ИКЗ 191272700076927030100100120016311000 от 17 апреля 2019 г.

2. Электронно-библиотечная система IPRbooks Лицензионный договор №ЕП 44 №001/9 на предоставление доступа к электронно-библиотечной системе IPRbooks ИКЗ 191272700076927030100100090016311000 от 27 марта 2019 г.

3. Электронно-библиотечная система eLIBRARY.RU Договор ЕП 44 004/13 на предоставление доступа к электронно-библиотечной системе ИКЗ 191272700076927030100100120016311000 от 15 апреля 2019 г.

## **8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

[www.vti.ru](http://www.vti.ru) - сайт всероссийского теплотехнического института (ОАО ВТИ).

## **8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>

## **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) — русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практически) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

#### *1. Методические указания при работе над конспектом лекции*

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

*2. Методические указания по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям*

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы необходимо стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

### *3. Методические указания по выполнению курсового проекта*

Теоретическая часть курсового проекта выполняется по установленным темам с использованием практических материалов. К каждой теме курсового проекта рекомендуется примерный перечень узловых вопросов, список необходимой литературы. Излагая вопросы темы, следует строго придерживаться плана. Работа не должна представлять пересказ отдельных глав учебника или учебного пособия. Необходимо изложить собственные соображения по существу излагаемых вопросов, внести свои предложения. Общие положения должны быть подкреплены и пояснены конкретными примерами. Излагаемый материал при необходимости следует проиллюстрировать таблицами, схемами, диаграммами и т.д. Расчетная часть должна представляться с необходимыми пояснениями и обоснованиями принимаемых решений.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Отсутствует

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

#### **Лекционные занятия.**

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

#### **Практические занятия.**

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер).

#### **Самостоятельная работа.**

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КНАГУ:

- читальный зал НТБ КНАГУ;
- компьютерные классы (ауд. 228 корпус № 3).

## **11 Иные сведения**

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоро-

вья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ<sup>2</sup>**  
**по дисциплине**

**Повышение тепловой эффективности теплового энергетического  
оборудования**

Направление подготовки	<i>13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника"</i>
Направленность (профиль) образовательной программы	<i>Технология производства тепловой и электрической энергии</i>
Квалификация выпускника	<i>магистр</i>
Год начала подготовки (по учебному плану)	<i>2020</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Технология обучения	<i>традиционная</i>

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>4</i>

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
<i>Зачет с оценкой КП</i>	<i>Кафедра «ТЭУ - Тепловые энергетические установки»</i>

<sup>2</sup> В данном приложении представлены типовые оценочные средства. Полный комплект оценочных средств, включающий все варианты заданий (тестов, контрольных работ и др.), предлагаемых обучающемуся, хранится на кафедре в бумажном и электронном виде.

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

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
<p><b>ПК-1</b> Способен формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Знает принципы формулирования заданий на разработку проектных решений в области модернизации технологического оборудования, улучшения его эксплуатационных характеристик, повышения экологической безопасности, экономии ресурсов</p> <p><b>ПК-1.2</b> Умеет формулировать задания на разработку проектных решений по выбранной теме</p> <p><b>ПК-1.3.</b> Владеет навыком постановки задач на проектирование</p>	<p>Знать принципы действия и технологические схемы современных способов повышения тепловой эффективности теплоэнергетического оборудования</p> <p>Уметь представлять проблемы и перспективы развития современных теплообменных устройств и аппаратов; Владеть навыком анализировать эффективность работы современных и перспективных теплообменных установок и аппаратов</p>
<p><b>ПК-2</b> Способен к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Знает методики проведения технических расчетов, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений</p> <p><b>ПК-2.2</b> Умеет проводить расчетные исследования и оценивать эффективность проектных решений</p> <p><b>ПК-2.3</b> Владеет навыком проведения технических расчетов объектов профессиональной деятельности</p>	<p>Знать методики проведения технических расчетов, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений в области тепловой эффективности</p> <p>Уметь проводить расчетные исследования и оценивать эффективность проектных решений в области тепловой эффективности</p> <p>Владеть навыком проведения технических расчетов объектов профессиональной деятельности в области тепловой эффективности</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
<p><b>Раздел 1.</b> Интенсификация процессов теплоотдачи.</p> <p><b>Раздел 2</b> Энергетическая эффективность при движении теплоносителя в трубах и каналах.</p>	ПК-1, ПК-2	Собеседование	<ul style="list-style-type: none"> <li>- глубина, прочность, систематичность знаний;</li> <li>- адекватность применяемых знаний ситуации;</li> <li>- рациональность используемых подходов;</li> <li>- степень проявления необходимых профессионально значимых личностных качеств;</li> <li>- степень значимости определенных ценностей;</li> <li>- проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям;</li> <li>- умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.</li> </ul>
	ПК-1, ПК-2	Задачи практических занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность анализировать и обобщать информацию;</li> <li>- способность синтезировать новую информацию;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.</li> </ul>
	ПК-1, ПК-2	Курсовой проект	<ul style="list-style-type: none"> <li>- понимание методики и умение ее правильно применить;</li> <li>- качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации);</li> <li>- достаточность пояснений.</li> </ul>

**2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений,

навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
2 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме Зачет с оценкой</i>				
1	Собеседование (2 вопроса)	В течение семестра	60 баллов	30 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 24 балла - студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 18 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов - при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.
2	Задачи практических занятий	В течение семестра	40 баллов	40 баллов - задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 30 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям 20 баллов- студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты. 0 баллов - студент не выполнил все

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				задания работы и не может объяснить полученные результаты.
ИТОГО:		-	100 баллов	-
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b> 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)				

2 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме КП</i>	
По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется оценка по 4-балльной шкале оценивания <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценка <i>«отлично»</i> выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;</li> <li>- оценка <i>«хорошо»</i> выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;</li> <li>- оценка <i>«удовлетворительно»</i> выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;</li> <li>- оценка <i>«неудовлетворительно»</i> выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.</li> </ul>	

### **3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

#### **3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

##### *Вопросы для собеседования*

1. Система, её функции и показатели качества положительные и отрицательные.
2. Сравнение технических систем, выполняющих одну и ту же функцию.

3. Физические противоречия показателей элементов системы.
4. Существующие методы интенсификации и их квалификация.
5. Энергетическая эффективность конвективных поверхностей нагрева.
6. Интенсификация теплообмена и гидравлическое сопротивление в каналах с песочной шероховатостью.
7. Искусственная шероховатость. Геометрические характеристики. Виды искусственной шероховатости.
8. Течение и теплообмен на поверхности со сферическими лунками.
9. Течение и теплообмен в профилированных трубах и каналах.
10. Течение и теплообмен в трубах с закруткой потока.
11. Основные виды теплоносителей.
12. Роль теплообменных аппаратов в развитии техники и технологий.
13. Основные требования к теплообменному оборудованию.
14. Основные проблемы разработки и эксплуатации теплообменных аппаратов.
15. Теплообменные аппараты в энергетике.
16. Требования к теплообменным аппаратам паротурбинных установок.
17. Основные типы теплообменных аппаратов.
18. Рекуперативные теплообменные аппараты.
19. Регенеративные теплообменные аппараты.
20. Конструкции кожухотрубных теплообменных аппаратов. Назначение и классификация.
21. Конструкции пластинчатых теплообменных аппаратов. Назначение и классификация.
22. Конструкции спиральных теплообменных аппаратов. Назначение и классификация.
23. Конструкции пластинчатых теплообменных аппаратов. Назначение и классификация.
24. Теплообменники в котлостроении. Паропенрегреватель, водяной экономайзер и воздухоподогреватель.
25. Способы интенсификации теплообмена.
26. Интенсификация конвективного теплообмена.
27. Интенсификация конвективного теплообмена за счет искусственной турбулизации потока.
28. Интенсификация конвективного теплообмена за счет оребрения поверхности теплообмена.
29. Продольные ребра. Оптимальные формы продольных ребер.
30. Радиальные ребра. Оптимальные формы радиальных ребер.
31. Расчет оребренных поверхностей.
32. Интенсификация лучистого теплообмена.
33. Интенсификация процессов сжигания топлива.
34. Интенсификация теплообмена при использовании пластинчатых и спиральных теплообменников.
35. Гидродинамические и теплообменные процессы в пристенном (пограничном) слое теплообменных аппаратов.
36. Пристенные интенсификаторы теплообмена.
37. Дискретно шероховатые каналы, их эффективность.
38. Схема течения в дискретно шероховатом канале.
39. Режимы течения жидкости в каналах со стенками, формованными системами сферических выемок.
40. Перспективы использования сферических выемок как интенсификаторов теплообмена в теплообменных аппаратах

### Задачи практических занятий

1. Определить количество теплоты, воспринятой воздухом в воздухоподогревателе котла, работающего на природном газе состава:  $\text{CO}_2 = 0,2\%$ ;  $\text{CH}_4 = 98,2\%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,4\%$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,1\%$ ;  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,1\%$ ;  $\text{N}_2 = 1,0\%$ , если температура воздуха на входе в ВЗП равна  $30^\circ\text{C}$ , а на выходе  $180^\circ\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха в топке равен  $1,15$ , присос воздуха в топочной камере составляет  $0,05$  и присос воздуха в ВЗП -  $0,06$ . Ответ:  $2139 \text{ кДж/кг}$ .

2. Определить количество теплоты, воспринятой водой в экономайзере котла паропроизводительностью  $5,45 \text{ кг/с}$ , работающего на кузнецком угле марки Т с низшей теплотой сгорания  $26180 \text{ кДж/кг}$ , если давление перегретого пара равно  $1,4 \text{ МПа}$ , температура перегретого пара равна  $280^\circ\text{C}$ , температура питательной воды равна  $100^\circ\text{C}$ , КПД брутто котла составляет  $86\%$ , величина непрерывной продувки равна  $3\%$  и потери от механической неполноты сгорания топлива  $q_4 = 4\%$ . Ответ:  $2002 \text{ кДж/кг}$ .

3. Определить требуемую поверхность рекуперативного теплообменника, в котором вода нагревается горячими газами. Расчет произвести для прямоточной и противоточной схем. Если известны значения температур газа  $t'_1 = 325^\circ\text{C}$ ,  $t''_1 = 175^\circ\text{C}$  и воды  $t'_2 = 15^\circ\text{C}$ ,  $t''_2 = 80^\circ\text{C}$ . Расход воды  $G = 1,3 \text{ кг/с}$  и коэффициент теплопередачи  $K = 32 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ . Привести график изменения температур для обеих схем движения.

4. Определить поверхность нагрева рекуперативного теплообменника и объемный расход продуктов сгорания при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителей, если объемный расход подогреваемого воздуха при нормальных условиях  $V_B = 15000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , средний коэффициент теплопередачи от продуктов сгорания к воздуху  $K = 18 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ , начальные и конечные температуры продуктов сгорания  $t'_1 = 500^\circ\text{C}$ ,  $t''_1 = 250^\circ\text{C}$ , а воздуха  $t'_2 = 10^\circ\text{C}$ ,  $t''_2 = 90^\circ\text{C}$ .

5. В трубчатом двухходовом воздухоподогревателе парового котла воздух в количестве  $G_2 = 21,5 \text{ кг/с}$  должен нагреваться от  $t'_{ж2} = 30^\circ\text{C}$  до  $t''_{ж2} = 260^\circ\text{C}$ . Определить необходимую площадь поверхности нагрева, высоту труб в одном ходе  $l_1$  и количество труб, расположенных поперек и вдоль потока воздуха. Дымовые газы ( $13\% \text{ CO}_2$ ,  $11\% \text{ H}_2\text{O}$ ) в количестве  $G_1 = 19,6 \text{ кг/с}$  движутся внутри стальных труб [ $\lambda_c = 46,5 \text{ Вт/(м} \times \text{К)}$ ] диаметром  $d_2/d_1 = 53/50 \text{ мм}$  со средней скоростью  $w_1 = 14 \text{ м/с}$ . Температура газов на входе в воздухоподогреватель  $t_{ж1} = 380^\circ\text{C}$ . Воздух движется поперек трубного пучка со средней скоростью в узком сечении пучка  $w_2 = 8 \text{ м/с}$ . Трубы расположены в шахматном порядке с шагом  $s_1 = s_2 = 1,3d_2$ . Ответ:  $F = 1884 \text{ м}^2$ ;  $l_1 = 5,74 \text{ м}$ ;  $n_1 = 35$ ;  $n_2 = 33$ .

6. Произвести тепловой и гидравлический расчеты вертикального пароводяного теплообменника, предназначенного для подогрева воды от температуры  $t'_2 = 45^\circ\text{C}$  до  $t''_2 = 105^\circ\text{C}$ . Расход воды  $G_2 = 125 \text{ кг/с}$ , давление  $p_2 = 0,2 \text{ МПа}$ . Параметры пара на входе:  $p_1 = 0,45 \text{ МПа}$ ;  $i'_k = 436 \text{ кДж/кг}$ . Вода движется по трубам ( $d_1 = 20 \text{ мм}$ ,  $d_2 = 24 \text{ мм}$ , латунь) со скоростью  $w_2 = 1 \text{ м/с}$ . Пар движется в межтрубном пространстве с малой скоростью и полностью конденсируется. Найти площадь поверхности нагрева  $F$ , высоту теплообменника  $h$ , диаметр корпуса  $D$ , гидравлическое сопротивление по воде  $\Delta p$ , мощность  $N$  на перекачку воды. Ответ:  $F = 136 \text{ м}^2$ ;  $h = 2,41 \text{ м}$ ;  $D = 1,01 \text{ м}$ ;  $\Delta p = 4,4 \text{ кПа}$ .

7. Определить расход нагреваемой воды и средний температурный напор в прямоточном пароводяном теплообменнике, если расход перегретого пара  $D_1 = 1 \text{ кг/с}$ , давление нагреваемого пара  $p_n = 0,118 \text{ МПа}$ , температура греющего пара  $t_n = 104^\circ\text{C}$ , энтальпия конденсата  $i'_k = 436 \text{ кДж/кг}$ , температура нагреваемой воды на входе в теплообменник  $t'_2 = 10^\circ\text{C}$ , температура нагреваемой воды на выходе из теплообменника  $t''_2 = 36^\circ\text{C}$ , коэффициент потери теплоты теплообменником в окружающую среду,  $\eta = 0,98$ . Ответ:  $W_2 = 20,2 \text{ кг/с}$ ;  $\Delta t_{cp} = 80^\circ\text{C}$ .

## 3.2 Задания для промежуточной аттестации

### *Характеристика курсового проекта*

*Цели и задачи курсового проекта.* При выполнении курсового проекта студенты закрепляют теоретические знания, полученные при изучении дисциплины, получают практические навыки по применению методов расчета теплообменных аппаратов тепловых электрических станций, определению путей повышения эффективности их работы, определению основных эксплуатационных характеристик.

В период выполнения курсового проекта студенты глубже изучают основную и специальную литературу по теплообменным аппаратам ТЭС, учатся принимать обоснованные решения путем сравнения вариантов и логических суждений.

*Тематика курсового проекта* предполагает проведение теплового и конструктивного расчета заданного вида теплообменного аппарата с учетом применения одного из способов интенсификации теплообмена.

*Содержание курсового проекта.* Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части, выполненной на листах бумаги стандартного формата А1. Пояснительная записка должна содержать задание на курсовой проект, введение, основную часть с необходимыми обоснованиями и расчетами, оговоренными в задании, заключение и библиографический список.

*Требования к оформлению курсового проекта.* Пояснительную записку выполняют на стандартных листах формата А4 и представляют к защите в сброшюрованном виде. Примерный объем пояснительной записки 20–30 с.

Записку разбивают на разделы и подразделы, название которых должно соответствовать их основному содержанию. Все записи делают на одной стороне листа.

Основные формулы, приведенные в записке, должны быть пронумерованы и иметь ссылки. Все величины, условные символы и обозначения в формулах необходимо пояснять. При многократной повторяемости расчетов их целесообразно оформлять в виде таблиц с обязательным указанием единиц физических величин.

Графическую часть выполняют на чертежных листах стандартного формата А1. На чертежах необходимо представить конструкцию спроектированного теплообменного аппарата и отдельные его узлы и элементы.

