



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

**Политехнический институт  
(Школа)**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Промышленная теплоэнергетика

(Название образовательной программы)

  
(подпись)

К.А. ШТЫМ  
(Ф.И.О.)

«21» декабря 2020 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Департамента

энергетических систем

(подразделение структурного подразделения)

  
(подпись)

К.А. ШТЫМ  
(Ф.И.О.)

«21» декабря 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ  
теплотехнологических процессов»

Направление подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника»

Профиль «Промышленная теплоэнергетика»

Форма подготовки: очная

курс 2 семестр 3, 4

лекции 18 час.

лабораторные работы 0 час.

практические занятия 18 час.

в том числе с использованием МАО лек.0/ пр.0/ лаб.0 – 0 час.

всего контактной работы

всего часов аудиторной нагрузки 36 час.

самостоятельная работа 108 час.

курсовая работа / курсовой проект – не предусмотрены

экзамен 3, 4 семестры

зачет не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 878

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента энергетических систем, протокол № 2 от 21 декабря 2020 г.

Составитель: д-р техн. наук, профессор Департамента энергетических систем К.А. Штым

## **Оборотная сторона титульного листа**

### **I. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента энергетических систем:**

Протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г. № \_\_

Директор Департамента энергетических систем \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

### **II. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента энергетических систем:**

Протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г. № \_\_

Директор Департамента энергетических систем \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы учебной дисциплины**  
**«Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ**  
**теплотехнологических процессов»**

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.1.2 «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе аспирантуры по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника», профилю «Промышленная теплоэнергетика» и входит в вариативную часть учебного плана.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия 18 часов (с использованием методов активного обучения не предусмотрены), практические занятия 18 часов (с использованием методов активного обучения не предусмотрены), самостоятельная работа (108 часов). Форма контроля – экзамен в 3 и 4 семестрах. Дисциплина реализуется на втором курсе в третьем-четвертом семестрах.

Дисциплина «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов» связана с основными положениями дисциплин «Энергоэффективность электростанций», «Энергосбережение в теплоэнергетике теплотехнике и теплотехнологиях», кроме этого аспиранты должны усвоить следующие дисциплины и разделы фундаментальных наук: физика, математический анализ, техническая термодинамика, гидрогазодинамика, теплообмен.

**Цель** дисциплины – «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов» состоит в изучении основных законов превращения энергии и переноса теплоты, методов проведения расчётов тепловых и эксергетических балансов теплотехнологических процес-

сов, способов оценки энергоэффективности процессов, методов проведения эксергетического анализа теплотехнологических процессов.

**Задачи дисциплины:**

- освоение методов расчета энергоэффективности технологических процессов;
- совершенствование навыков работы с техническими и программными средствами эксергетического анализа;
- изучение методов оптимизации теплотехнологических процессов сложных комплексов и систем.

**В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие универсальные компетенции (элементы компетенций).**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3 Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Знает	тенденции развития информационно-компьютерных технологий в области теоретической и общей теплотехники
	Умеет	производить поиск и осуществлять отбор оптимальных методов исследования с использованием информационно-коммуникационных технологий
	Владеет	технологией проектирования научно-исследовательского процесса
ПК-3. Способность решать научные и практические задачи, направленные на создание энергосберегающих теплотехнологических процессов, установок и систем повышения уровня энергоэффективности теплотехнологических системы, используя основы эксергетического метода анализа потоков энергии в реальных условиях.	Знает	методы энергосбережения при производстве и распределении тепловой энергии, причины необратимости реальных процессов и диссипации энергии
	Владеет	рассчитывать энергетический и эксергетический КПД технологических аппаратов и установок, выполнять моделирующие расчеты и энерготехнологическую оптимизацию теплотехнологического оборудования с использованием современного программного обеспечения.
	Умеет	методами расчета материальных, тепловых, энергетических и эксергетических балансов анализом и термодинамической оптимизацией технологических систем

Интерактивные формы обучения не предусмотрены.

# 1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

## КУРСА 18 часов

Занятия проводятся с использованием метода интерактивного обучения – «Лекция-визуализация» (9 часов). Содержание лекций представляется как демонстрационный материал (структурные и функциональные схемы, графики, таблицы), который дополняет словесную информацию и/или выступает ее носителем.

### Раздел 1. Основные методы анализа термодинамических систем

Занятия проводятся с использованием метода интерактивного обучения – «Лекция-визуализация». Содержание лекций представляется как демонстрационный материал (структурные и функциональные схемы, графики, таблицы), который дополняет словесную информацию и/или выступает ее носителем. **(6 час)**.

Тема 1. Метод тепловых балансов. Недостатки метода тепловых балансов для анализа термодинамических систем. Эксергетический метод анализа, отличие этого метода от метода тепловых балансов. Определение энергии системы. Физический смысл энергии. Эксергетические потери.

Тема 2. Эксергетические потери от внешней и внутренней необратимости. Определение значения эксергии для различных видов энергии. Эксергия для механической и электрической энергии. Эксергия теплоты и ее определение с помощью цикла Карно. Эксергия потока вещества.

Тема 3. Графическая интерпретация определения эксергии на диаграмме  $h$ - $S$ . Энтропийный метод анализа. Его отличие от эксергетического метода анализа. Выражение для расчета эксергетических потерь. Относительный коэффициент эксергетических потерь.

### Раздел 2. Метод приращения эксергий (2 час)

Эксергетический КПД сложной термодинамической системы. Упрощенный метод определения эксергетического КПД сложной термодинамической

системы. Определение эксергетического КПД тепловых процессов, осложненных массообменом. Метод приращений эксергий. Его отличие от классического эксергетического и энтропийного методов. Общие потери эксергии. Потери эксергии от внешней необратимости. Закон Гюи-Стодолы (потери эксергии от внутренней необратимости тепловых процессов). Определение эксергии теплового потока. Математическое выражение для эксергии теплового потока. Определение и математическое выражение среднетермодинамической температуры теплового потока. Математическое выражение для величины приращения эксергии. Эксергетические потери – абсолютная величина оценки термодинамического совершенства системы. Эксергетический КПД как относительная характеристика термодинамического совершенства системы. Вычисление эксергетического КПД элементарного теплового процесса и сложной термодинамической системы. Математическое выражение связи общего эксергетического КПД системы с КПД ее элементов. Связь эксергетического КПД реальной термодинамической системы с КПД адиабатной системы с отводом теплового потока в окружающую среду и дросселированием потоков. Упрощенный метод определения эксергетического КПД сложной термодинамической системы. Определить эксергетический КПД рекуперативного теплообменника. Определить эксергетический КПД контактного теплообменника. Определить эксергетический КПД адиабатического самоиспарителя. Определить эксергетический КПД выпарного аппарата.

### **Раздел 3. Построение эксергетических диаграмм по методу приращений эксергетических тепловых потоков (2 час)**

Тема 1. Методические основы построения эксергетических диаграмм. Относительная затраченная эксергия. Относительная воспринятая эксергия потока. Алгоритм построения эксергетических диаграмм.

Тема 2. Расчет термодинамической системы с регенеративным контуром. Связь эксергетических потерь с расходом топлива в энергетическом котле. Алгоритм построения эксергетических диаграмм. Цель эксергетиче-

ского анализа.

Тема 3. Расчет термодинамической системы с регенеративным контуром. Определение связи эксергетических потерь с расходом топлива в энергетическом котле в условиях ограниченной информации по энергетическому источнику и преобразования энергоносителя от источника до анализируемого процесса

#### **Раздел 4. Эксергетический коэффициент теплопередачи как критерий термодинамического совершенства теплового процесса (2 час)**

Тема 1. Энергетический коэффициент теплопередачи. Эксергетический коэффициент теплопередачи.

Тема 2. Критерий энергетической эффективности академика М.В. Кирпичева. Критерий энергетической эффективности проф. В.М.Антуфьева.

Тема 3. Эксергетический коэффициент теплопередачи как универсальная характеристика оценки энергоэффективности энергетических процессов. Связь эксергетического коэффициента теплопередачи с критериями М.В. Кирпичева и В.М.Антуфьева.

#### **Раздел 5. Материальные, тепловые, энергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР**

Занятия проводятся с использованием метода интерактивного обучения – «Лекция-визуализация». Содержание лекций представляется как демонстрационный материал (структурные и функциональные схемы, графики, таблицы), который дополняет словесную информацию и/или выступает ее носителем. **(6 час)**

Тема 1. Составление и анализ эксергетических балансов, расчет эксергетических КПД и КПИ.

Тема 2. Анализ данных по эксергетическим КПД и КПИ для источников тепло- и электроснабжения, технологических аппаратов, установок и си-

стем.

Тема 3. Оценка эффективности работы пароконденсатных систем. Особенности методики построения пароконденсатного баланса.

## **2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ**

### **КУРСА 18 часов**

Занятия проводятся **с использованием метода интерактивного обучения - «Анализ ситуации»**. Специфика данного метода заключается в том, что при проведении занятия в виде ситуационного упражнения необходимо достичь прогнозируемых результатов. Это удастся, лишь осуществляя взаимодействие с другими участниками, выполняя совместные вычисления, выслушивая различные точки зрения и подходы и аргументируя собственную позицию. Работа в группе по анализу ситуации позволяет обучаемым усвоить знания и приобрести навыки и умения практически решать сложные задачи, рассматривать разнообразные возможности и подходы к решению проблем и адаптироваться к разным типам людей, участвующих в принятии решений. Студенты разбиваются на бригады (группы). Задача каждой группы (бригады) – выполнить анализ полученных в задании данных и определить наименее эффективные процессы в технологическом производстве. Все выполненные расчеты и построенные графические зависимости бригада оформляет в виде отчета в электронном виде с применением семейства программ Microsoft Office или аналога. Происходит обсуждение на уровне группы, формулируется общее мнение малой группы. На подготовительном этапе формируется оценочное суждение по предлагаемой позиции каждой малой группы и сравнивается с предлагаемыми позициями других групп. На основном этапе формулируется общее мнение, выражающее совместную позицию по творческому заданию. Выполняется задание. Оценивается достоверность и эффективность выбранных путей решения.

В конце семестра после выполнения всех практических заданий студент выполненные расчеты и построенные графические зависимости в виде



отчета в электронном виде с применением семейства программ Microsoft Office или аналога.

### **Занятие № 1. Термодинамические процессы**

Занятия проводятся с использованием метода интерактивного обучения - «Анализ ситуации» (6 час).

Расчет термодинамических параметров состояния идеального газа и технически важных рабочих тел. Графическое изображение термодинамических процессов и циклов в Pv-, Ts-, hs-диаграммах.

**Занятие № 2. Расчет процессов в оборудовании промышленных установок (2 час).**

Расчет процессов в оборудовании промышленных установок производства электрической энергии, теплоты и холода, сжатого воздуха, оборотных систем водоснабжения.

**Занятие № 3. Составление тепловых и энергетических балансов (1 час).**

Составление тепловых и энергетических балансов для паровых и водогрейных котлов, котельных, ТЭЦ и КЭС.

**Занятие № 4. Расчет расходов топлива на отдельную и комбинированную выработку электроэнергии и теплоты (2 час).**

Расчет расходов топлива на отдельную и комбинированную выработку электроэнергии и теплоты. Расчет КПД КЭС и ТЭЦ, паросиловых и газотурбинных циклов.

**Занятие № 5. Расчет расходов топлива на отдельную и комбинированную выработку электроэнергии и теплоты**

Занятия проводятся с использованием метода интерактивного обучения - «Анализ ситуации» (5 час).

Расчет и составление материальных, тепловых и энергетических балансов, оценка эффективности использования ТЭР в технологических установках (выпарных, ректификационных, сушильных и др.) по коэффициентам полезного использования, удельному потреблению ТЭР.

## Занятие № 6. Составление и анализ эксергетических балансов, расчет эксергетических КПД и КПИ (2 час).

Составление и анализ эксергетических балансов, расчет эксергетических КПД и КПИ. Анализ данных по эксергетическим КПД и КПИ для источников тепло- и электроснабжения, технологических аппаратов, установок и систем. Оценка эффективности работы пароконденсатных систем. Особенности методики построения пароконденсатного баланса

### 3. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Основные методы анализа термодинамических систем	ОПК-3	знает	УО-1	1-20
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
		ПК-3	знает	УО-1	
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
2	Раздел 2. Метод приращения эксергий	ОПК-3	знает	УО-1	21-40
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
		ПК-3	знает	УО-1	
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
3	Раздел 3. Построение эксергетических диаграмм по методу приращений эксергетических тепловых потоков	ОПК-3	знает	УО-2	41-60
			умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	
		ПК-3	знает	УО-2	
			умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	
	Экзамен	ОПК-3	знает	УО-2	1-60
			умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	
		ПК-3	знает	УО-2	
			умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	
4	Раздел 4. Эксергетиче-	ОПК-3	знает	УО-2	60-70

	ский коэффициент теплопередачи как критерий термодинамического совершенства теплового процесса	ПК-3	умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	
			знает	УО-2	
			умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	
5	Раздел 5. Материальные, тепловые, энергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР	ОПК-3	знает	УО-3	71-82
			умеет	УО-3	
			владеет	УО-3	
		ПК-3	знает	УО-3	
			умеет	УО-3	
			владеет	УО-3	
6	Экзамен по дисциплине	ОПК-3		УО-1,2,3	1-82
		ПК-3			

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

#### **4. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **Основная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Казаков В.Г. Эксергетические методы оценки эффективности тепло-технологических установок: Учебное пособие / В.Г. Казаков, П.В. Луканин, О.С. Смирнова, - СПб ГТУРП. - СПб., 2013. - 93 с.

<http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2.pdf>

2. Казаков В.Г. Термодинамические методы анализа в энергоиспользующих процессах: Учебное пособие / В.Г. Казаков, П.В. Луканин, О.С. Смирнова, - СПб ГТУРП. - СПб., 2011. - 93 с.

<http://www.nizrp.narod.ru/termodynammetody.htm>

3. Смородин С.Н. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве: учебное пособие / С.Н. Смородин, В.Н Белоусов, В.Ю.Лакомкин, - СПбГТУРП. - СПб., 2014. - 99с.

<http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/10.pdf>

4. Штым А.С. Техническая термодинамика: учебное пособие / А. С. Штым, - Владивосток: Изд-во Дальневосточного технического университета, 2010. - 98 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:685967&theme=FEFU>

5. Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий: учебное пособие для вузов / Г.Ф. Быстрицкий. - М: Академия, 2008. - 304 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:353459&theme=FEFU>

6. Дорогов Е.Ю. Расчет тепловой схемы производственно-отопительной котельной: учебное пособие / Е. Ю. Дорогов. – Владивосток: Дальневосточный государственный технический университет, 2008. - 65 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:384638&theme=FEFU>

7. Шишкин Б.В. Шишкин Конструирование и эксплуатация теплообменных аппаратов: учебное пособие / Б.В. Шишкин. – Комсомольский-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре технического университета, 2011. - 128 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:425831&theme=FEFU>

8. Мелкозеров М.Г. Холодильное оборудование: учебное пособие для всех форм обучения / [М.Г.Мелкозеров, А.А.Кишкин, А.С.Титлов и др.]. – Красноярск.: Изд-во Сибирского аэрокосмического университета, 2012. – 231 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:696443&theme=FEFU>

#### **Дополнительная литература:**

1. Ефимов А.Л. Энергобалансы промышленных предприятий: Учебное пособие. — М.: Изд-во МЭИ, 2002. — 84 с.

<http://www.twirpx.com/file/1080709/>

2. Сажин Б.С., Булеков А.П., Сажин В.Б. Эксергетический анализ работы промышленных установок. М., 2000. - 297 с.

<http://www.twirpx.com/file/953159/>

3. Злотин Г.Н., Захаров Е.А., Буров А.А., Ожогин В.А., Федянов Е.А. Циклы холодильных машин и методы анализа их эффективности. Учебное пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2006. – 50 с.

<http://www.twirpx.com/file/1357551/>

4. Бродянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа. М.: Энергия, 1973. - 296 с. <http://www.twirpx.com/file/1066285/>

5. Шаргут Я., Петела Р. Эксергия. Пер. с польского Ю.И.Батурина и Д.Ф.Стржижовского под ред. В.М.Бродянского. Перераб. и доп. изд., М., Энергия, 1968. - 279 с. <http://www.twirpx.com/file/415795/>

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1. Хранилище чертежей. Ресурс со всей необходимой информацией о чертежах (учебные пособия, ГОСТы, СНИПы, справочник статей, практические советы), Электронные учебные пособия по обработке металлов. <http://4ertim.com/>

2. Материалы для проектирования. Материалы по строительству и машиностроению. Нормативная документация, литература по САПР, AutoCAD и по соответствующим темам. <http://dwg.ru/dnl/>

3. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru/>

4. Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru/>

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

**Нормативно-правовые материалы:**

Программный комплекс «Консультант Плюс»

Программный комплекс ИС Техэксперт: 6.0.

**Перечень информационных технологий, используемых при проведении практики, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:**

Программное обеспечение, доступное студентам для выполнения индивидуальных заданий, а также для организации самостоятельной работы:

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
Компьютерный класс Департамента энергетических систем, Ауд. Е559 а, Ауд. Е559 г, 24	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18.</li> <li>- Компас-3D договор 15-03-53 от 02.12.2015 Полная версия - Компас 3D v17. Key 566798581 (Vendor 46707). Количество лицензий 250 штук.</li> <li>- SolidWorks Campus 500 сублицензионные договор №15-04-101 от 23.12.2015 Срок действия лицензии бессрочно. Количество лицензий – 500 штук.</li> <li>- Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscribtion Renewal Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</li> <li>- InDesign CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscribtion Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</li> <li>- Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscribtion Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</li> <li>- Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscribtion New Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</li> <li>- ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018.</li> <li>- AutoCAD Electrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk. +2</li> <li>- Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.</li> </ul>

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение лекционного материала, практических занятий и самостоятельной работы студентов направлено на углубленное изучение дисциплины «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов», получение необходимых компетенций, позволяющих осуществлять проектирование тепловых электростанций, выбор компоновочных

решений размещения оборудования в здании электростанции и на генплане и расчета монтажных показателей и времени монтажа электростанций.

В лекционном материале изложены принципы методов монтажа и ремонта оборудования тепловых электростанций. Рассматривается подход к выбору компоновочных решений оборудования электростанции, места расположения и генплана электростанции в целом. Отдельно рассматривается система технического обслуживания и ремонта оборудования электростанции.

На практических занятиях студенты реализуют принципы решения проектных задач, полученных на лекциях. Прорабатывают варианты компоновки оборудования тепловых электростанций, получают навыки оптимизации схем, углубленно изучают профессиональные программы расчетов на ПК, составляют собственные программы для расчетов при решении задач проектирования, графического изображения чертежей на ПК.

Лекции должны проходить в мультимедийных аудиториях (E934, E933, E433).

Практические занятия в компьютерном классе с мультимедийным оборудованием (E559 а, г). Студентам разрешается приносить на занятия свои ноутбуки и соответствующие гаджеты.

На первом занятии студенты получают задание, знакомятся с примерами формирования расчетов, во время занятия у студентов формируется представление о правильном выборе и размещении основного оборудования и вспомогательного оборудования тепловой электростанции, удобном не только для его монтажа, но и процесса эксплуатации. В конце занятия студенты получают задание для самостоятельной работы и подготовке к следующему занятию.

Аналогично проходят все остальные практические занятия.

Практически на каждом занятии студенту предлагается сделать сообщение, в котором он обосновывает принятое им решения при проектировании. Другие студенты задают вопросы, делают комментарии, замечания, предло-

жения. Оцениваются знания, как докладчика, так и оппонентов. Это мотивирует студентов проявлять высокую активность, более глубоко и широко изучать предложенные вопросы, а не замыкаться на собственном задании. Выступления студентов формируют навыки профессионального мышления, закрепляют профессиональную лексику, учат отстаивать принятые решения или соглашаться с лучшими предложениями.

Если студент не подготовил сообщение к текущему занятию, то он может перенести их на следующее, но представляемый материал должен содержать информацию, как предыдущего занятия, так и текущего.

Наилучшей рекомендацией студенту – это подготовка к каждому занятию, что будет соответствовать плану выполнения работы, выдерживать технологию изучения дисциплины. В процессе обучения формируется рейтинг студентов, позволяющий дать оценку их знаний и представить в промежуточной аттестации.

Кроме занятий предусмотрены еженедельные консультации ведущего преподавателя, с помощью которых студент может разрешить проблемы, возникшие у него при подготовке к текущему занятию или в процессе расчета и проектирования тепловой схемы.

Студенты получают по дисциплине в электронном виде:

Конспект лекций по дисциплине;

Программу практических занятий;

Полное собрание свода правил (СП), собрание СНиПов, справочную, учебную и научную литературу, необходимых при расчете и проектировании курсовой работы;

Электронные и печатные каталоги оборудования, которые имеются в Департаменте.

Студент пользуется электронной базой библиотеки ДВФУ, Департамента и ведущего преподавателя.

В случае, если студент не набрал достаточно баллов в рейтинге, или его не устраивает оценка, которую он получил в результате систематической ра-



боты, то он готовится к экзамену по вопросам, которые охватывают объем знаний, предусмотренных дисциплиной – «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов». К экзамену студент может быть допущен, если у него выполнены все задания по практическим занятиям и сдана курсовая работа по этой дисциплине.

Успешное усвоение курса предполагает активное, творческое участие студента на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы. *Общие рекомендации:* изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы и разработок, указанных в программе, особое внимание уделяется целям, задачам, структуре и содержанию курса. *Работа с конспектом лекций.* Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю. Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Важно проводить дополнительную работу с текстом конспекта: внимательно прочитать его; дополнить записи материалами из других источников, рекомендованных преподавателем; выделить все незнакомые понятия и термины и в дальнейшем поместить их в словарь. Наличие словаря определяет степень готовности студента к экзамену и работает как допуск к заключительному этапу аттестации. Необходимо систематически готовиться к практическим занятиям, изучать рекомендованные к прочтению статьи и другие материалы. Методический материал, обеспечивает рациональную организацию самостоятельной работы студентов на основе систематизированной информации по темам занятий курса. Практика – один из наиболее сложных и в то же время плодотворных видов (форм) вузовского

обучения и воспитания. В условиях высшей школы практика – один из видов практических занятий, проводимых под руководством преподавателя, ведущего научные исследования по тематике практики и являющегося знатоком данной проблемы или отрасли научного знания. Практика предназначается для углубленного изучения той или иной дисциплины и овладения методологией применительно к особенностям изучаемой отрасли науки. Можно отметить, однако, что при изучении дисциплины в вузе практика является не просто видом практических занятий, а, наряду с лекцией, основной формой учебного процесса. Ведущей дидактической целью практических занятий является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умений работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием практических занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы ведения занятия является совместная работа преподавателя и студентов над решением практических задач, а сам поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности. Оценка производится через механизм совместного обсуждения, сопоставления предложенных вариантов ответов с теоретическими и эмпирическими научными знаниями, относящимися к данной предметной области. Это ведет к возрастанию возможностей осуществления самооценки собственных знаний, умений и навыков, выявлению студентами «белых пятен» в системе своих знаний, повышению познавательной активности.

Университет обеспечивает учебно-методическую и материально-техническую базу для организации самостоятельной работы студентов.

Библиотека университета обеспечивает:

- учебный процесс необходимой литературой и информацией (комплектует библиотечный фонд учебной, методической, научной,

периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с учебными планами и программами, в том числе на электронных носителях);

- доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

Департамент:

- обеспечивает доступность всего необходимого учебно-методического и справочного материала;

- разрабатывает: учебно-методические комплексы, программы, пособия, материалы по учебным дисциплинам в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами;

- методические рекомендации, пособия по организации самостоятельной работы студентов;

- задания для самостоятельной работы;

- темы рефератов и докладов;

- вопросы к экзаменам и зачетам.

Изучение каждой дисциплины заканчивается определенными методами контроля, к которым относятся: текущая аттестация, зачеты и экзамены. Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. При подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Первоначально следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций. Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний. Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить

которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения исследований, связанных с выполнением задания по практике, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ:

<b>Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
Лаборатория горения L 617, L 619, L 620	Камера высокоскоростная Photron (монохромная) FASTCAM SA-Z Model 480K M4 (моно, 64ГБ), Комплект конвертеров на основе термостойкого композиционного сплава для пористой горелки, Спектрометр автоматизированный ИК Фурье ФТ-801, Шкаф вытяжной для муфельных печей ЛАБ-1600 ШВп, Шкаф вытяжной для работы с кислотами ЛАБ-РРО-ШВК 150.85.240, комплект напорометров, микроманометров, термометров, регуляторов, преобразователей, контроллеров.
Лаборатория гидрогазодинамики и моделирования, ауд. Е 559	Лабораторная установка «Изучение аэродинамики вихревых камер», Аэродинамическая труба, Лабораторная установка "Подъемная сила и гидродинамическое сопротивление (сопротивление потоку)", Микрометр гладкий цифровой ЗУБР ЭКСПЕРТ 34482-75, Термометр контактный ТК-5. 09 без зондов, комплект напорометров, микроманометров, термометров, регуляторов, преобразователей, контроллеров.
Лаборатория термодинамики и теплообмена, ауд. Е559 б	Лабораторная установка "Уравнение состояния и критическая точка", Лабораторная установка "Эффект Джоуля-Томсона", Лабораторная установка "Измерение скорости звука в воздухе", Микрометр гладкий цифровой ЗУБР ЭКСПЕРТ 34482-75 Компрессор электрический SRL-7.5DMN5 (S/N=QC005894), Термометр контактный ТК-5. 09 без зондов, Стенд-тренажер "Тепловой насос-1",

	Установка "Изучение индикаторных диаграмм одноступенчатого поршневого компрессора", комплект напорометров, микроанометров, термометров, регуляторов, преобразователей, контроллеров.
Лаборатория теплоэнергетических измерений и энергоаудита, ауд. Е559а	Лабораторная установка «Изучение работы тяго-дутьевых машин», Газоанализатор Optima 7 с поверкой в комплектации, Микрометр гладкий цифровой ЗУБР ЭКСПЕРТ 34482-75, Термометр контактный ТК-5. 09 без зондов, термометр манометрические ТМ 2030Cr-1, Испытательный стенд, комплект напорометров, микроанометров, термометров, регуляторов, преобразователей, контроллеров.
Лаборатория водоподготовки, ауд. Е559 в	Калориметр С6000 global standard версия 1/10, Автоматический цифровой измеритель плотности/удельного веса DA-640 , Kyoto Electronics, Весы лабораторные CAS модель CUW-6200 HV, Газоанализатор «Полар», Микрометр гладкий цифровой ЗУБР ЭКСПЕРТ 34482-75, Термометр контактный ТК-5. 09 без зондов, Установка для очистки воды, Гидродинамическая установка "Зевс", Установка УФ-обеззараживания "aguapro"SS316 60PM, Струйный деаэратор СВД-4.Ду50, Установка "Гидрофлоу" С-45, Умягчительная установка, Электродиализный модуль серия МХ,
Компьютерный класс, Ауд. Е 559 г	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty
Компьютерный класс, Ауд. Е 559 а	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскопечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками
Мультимедийная аудитория Е933, Е934, Е433	проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокмутации; подсистема аудиокмутации и звукоусиления; подсистема

	интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS)
--	---

### Рейтинговая оценка по дисциплине

#### 1. Соотношение видов учебной деятельности студента, учитываемых в рейтинге по данной дисциплине

№	Виды учебной деятельности студентов, учитываемые в рейтинговой оценке	Вес в рейтинговой оценке, %
1	Посещение лекций и практических занятий.	10
2	Выполнение и защита практических работ.	30
3	Выполнение самостоятельной работы и ее защита.	30
4	Экзамен.	30
Сумма:		100%

#### 2. Максимально возможные баллы

##### за виды контролируемой учебной деятельности студента, учитываемые в рейтинге

№	Содержание вида контролируемой учебной деятельности	Единица измерения работы	Максимальное количество баллов за единицу выполненной работы
1	Посещение лекций.	лекция	$0,5 \cdot 9 = 4,5$
2	Посещение практических занятий.	занятие	$0,5 \cdot 9 = 4,5$
3	Выполнение и защита практических работ.	отчет	$5 \cdot 6 = 30$
4	Выполнение самостоятельной работы и ее защита.	задание	$6 \cdot 5 = 30$
5	Экзамен.	билет	30

#### Перевод баллов в пятибалльную шкалу

отлично	85-100
хорошо	71-84
удовлетворительно	60-70
неудовлетворительно	Меньше 60



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**Политехнический институт**  
(Школа)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ  
теплотехнологических процессов»**

Направление подготовки аспирантов: 13.06.01 «Электро- и теплотехника»,  
профиль «Промышленная теплоэнергетика»

Форма подготовки: очная

**Владивосток**  
**2020**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	3 семестр	Работа с периодической литературой по теме: Эксергетический КПД сложной термодинамической системы.	45	УО-1
2	3 семестр	Подбор материалов на тему: Алгоритм построения эксергетических диаграмм.	45	УО-2
3	3 семестр	Подготовка к экзамену	10	Экзамен Вопросы
4	4 семестр	Работа с периодической литературой по теме: Расчет процессов в оборудовании промышленных установок производства электрической энергии, теплоты и холода, сжатого воздуха, оборотных систем водоснабжения.	45	УО-3
5	4 семестр	Подбор материалов на тему: Расчет расходов топлива на раздельную и комбинированную выработку электроэнергии и теплоты	45	УО-1,2,3 ПР-1
6	4 семестр	Подготовка к экзамену	17	Экзамен Вопросы

### Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Задание № 1, 2, 4, 5. Подбор материалов на тему и работа с периодической литературой студенты самостоятельно находят и изучают электронные издания по заданным тематикам. В ходе организации самостоятельного изучения учебного пособия студентами решаются следующие задачи:

- углублять и расширять профессиональные знания студентов;
- сформировать интерес к научно-исследовательской деятельности;
- научить студентов овладевать приемами процесса познания;



- развивать у них самостоятельность, активность, ответственность;
- развивать познавательные способности будущих специалистов.

Задание № 3 (п. 4). Подготовка к зачету выполняется в виде пояснительной записки "Требования к оформлению письменных работ, выполняемых студентами и слушателями ДВФУ", г. Владивосток, 2011 год. Для контроля используются оценочные средства текущего контроля УО-1, 2, 3, ПР-1 приведенные в ФОС (приложение 2).

Задание № 6. Экзамен принимается в виде письменного либо устного ответа. Студенты самостоятельно готовятся к экзамену. Для контроля используются оценочные средства промежуточной аттестации в виде вопросов приведенных в ФОС (приложение 2).

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

В описательной части письменной работы должно быть приведено современное диагностическое оборудование, методика измерений и расчета, обоснован выбор энергосберегающих мероприятий.

Расчетная часть работы должны содержать обоснование выбранной методики расчета, основные расчетные зависимости со ссылками на источники, алгоритм расчета (не зависимо от того, какая программа расчета была использована), результаты расчета в табличной форме и выводы о соответствии СП. Работа должна быть оформлена в виде фрагмента пояснительной записки проекта. По результатам расчета должны быть подготовлены презентации.

Графическая часть работы (принципиальная схема, разрезы оборудования и экспликация в плане) должна быть выполнена в профессиональной программе и содержать графическую часть работы. Работа представляется для всеобщего обсуждения мультимедийно, затем после замечаний и предложений, полученных в ходе обсуждения, вносятся исправления, работа

должна соответствовать требованиям СП. Графическая часть распечатывается на листах формата А1.

По всем частям работы подготовлены презентации, которые представлялись студентами при обсуждении на занятиях.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

На 10 занятиях студентам предоставлена возможность сделать сообщение и презентовать часть выполненной работы, это оценивается баллами от 1 до 3. Оценивается активность студентов при обсуждении представленных работ баллами от 1 до 2.

На последних трех занятиях происходит публичная защита работ, допущенных к защите. На защите допускается всем задавать вопросы, касающиеся не только проекта, но и нормативных документов и теоретической части курса. Качество выполненного проекта оценивается следующим образом:

Пояснительная записка - максимальное число баллов – 60;

Ответы на вопросы - максимальное число баллов – 40;

100-90 баллов – соответствуют оценке «отлично»

89 -70 баллов – соответствуют оценке «хорошо»

69-60 баллов – соответствуют оценке «удовлетворительно»

### **Критерии оценки (устный ответ) на собеседовании**

✓ 100-90 баллов (отлично) - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 89-70 баллов (хорошо) - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 69-60 - баллов (удовлетворительно) – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 59-50 баллов (неудовлетворительно) – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

### **Критерии оценки при ответе (письменный ответ)**

#### **на экзаменационные вопросы**

✓ 100-86 баллов (отлично) - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по

сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

✓ 85-76 баллов (хорошо) - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

✓ 75-61 балл (удовлетворительно) – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**Политехнический институт**  
(Школа)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ**  
**теплотехнологических процессов»**  
Направление подготовки аспирантов: 13.06.01 «Электро- и теплотехника»,  
профиль «Промышленная теплоэнергетика»  
Форма подготовки: очная

**Владивосток**  
**2020**

**Паспорт**  
**фонда оценочных средств по дисциплине**  
**«Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ**  
**теплотехнологических процессов»**  
(наименование дисциплины, вид практики)

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3. Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Знает	тенденции развития информационно-компьютерных технологий в области теоретической и общей теплотехники
	Умеет	производить поиск и осуществлять отбор оптимальных методов исследования с использованием информационно-коммуникационных технологий
	Владеет	технологией проектирования научно-исследовательского процесса
	Знает	основные законы превращения энергии и переноса теплоты и методы проведения расчётов тепловых и эксергетических балансов теплотехнологических установок и процессов и оценивать их эффективность;
	Владеет	навыками проведения расчётов и анализа тепловых балансов основных теплотехнологических установок и процессов, умением применять на практике полученные знания при расчётах энергоэффективности и рационализации теплотехнологических процессов и установок.
ПК-3. Способность решать научные и практические задачи, направленные на создание энергосберегающих теплотехнологических процессов, установок и систем повышения	Знает	методы энергосбережения при производстве и распределении тепловой энергии, причины необратимости реальных процессов и диссипации энергии
	Владеет	рассчитывать энергетический и эксергетический КПД технологических аппаратов и установок, выполнять моделирующие расчеты и энерготехнологическую оптимизацию теплотехнологического оборудования с использованием современного программного обеспечения.

уровня энергоэкономичности теплотехнологических системы, используя основы эксергетического метода анализа потоков энергии в реальных условиях.	Умеет	методами расчета материальных, тепловых, энергетических и эксергетических балансов анализом и термодинамической оптимизацией технологических систем
--	-------	---

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Основные методы анализа термодинамических систем	ОПК-3	знает	УО-1	1-20
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
		ПК-3	знает	УО-1	
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
2	Раздел 2. Метод приращения эксергий	ОПК-3	знает	УО-1	21-40
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
		ПК-3	знает	УО-1	
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
3	Раздел 3. Построение эксергетических диаграмм по методу приращений эксергетических тепловых потоков	ОПК-3	знает	УО-2	41-60
			умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	
		ПК-3	знает	УО-2	
			умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	
Экзамен		ОПК-3	знает	УО-2	1-60
			умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	
		ПК-3	знает	УО-2	
			умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	
4	Раздел 4. Эксергетический коэффициент теплопередачи как критерий термодинамического совершенства теплового процесса	ОПК-3	знает	УО-2	60-70
			умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	
		ПК-3	знает	УО-2	
			умеет	УО-2	
			владеет	УО-2	

5	Раздел 5. Материальные, тепловые, энергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР	ОПК-3	знает	УО-3	71-82
			умеет	УО-3	
			владеет	УО-3	
		ПК-3	знает	УО-3	
			умеет	УО-3	
			владеет	УО-3	
6	Экзамен по дисциплине	ОПК-3		УО-1,2,3	1-82
		ПК-3			

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	Показатели
ОПК-3, способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	знает (пороговый уровень)	методы реализации научно-исследовательской деятельности в области теоретической и общей теплотехники, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий	Знание основных тенденций развития информационно компьютерных технологий в области разработки технических средств в области теоретической и общей теплотехники	Может дать определение отдельных тенденций развития информационно компьютерных технологий в области теоретической и общей теплотехники
	умеет (продвинутый)	планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Умение применять в расчетах основные принципы методов исследования с использованием информационно-коммуникационных технологий в области теоретической и общей теплотехники	Умеет решать задачи с применением основных методов исследования с использованием информационно-коммуникационных технологий
	Владеет (высокий)	современными методами исследования, а также средствами информационно-коммуникационных технологий, необходимыми для осуществления научно-исследовательской деятельности	Владеет приемами проектирования для решения задач научного исследования в рамках определенной тематики, заданной руководителем; при проведении исследования используются современные ин-	Владеет технологией проектирования научно-исследовательского процесса при проведении исследования, использует современные информационно-коммуникационные технологии



		сти в области теоретической электротехники	формационно-коммуникационные технологии в ограниченном объеме	в ограниченном объеме
ПК-3, способность решать научные и практические задачи, направленные на создание энергосберегающих теплотехнологических процессов, установок и систем повышения уровня энергоэкономичности теплотехнологических системы, используя основы эксергетического метода анализа потоков энергии в реальных условиях	знает (пороговый уровень)	методы энергосбережения при производстве и распределении тепловой энергии, причины необратимости реальных процессов и диссипации энергии.	Общие, но не структурированные знания о методах энергосбережения при производстве и распределении тепловой энергии, причины необратимости реальных процессов и диссипации энергии	Сформированные систематические знания о методах энергосбережения при производстве и распределении тепловой энергии, причины необратимости реальных процессов и диссипации энергии
	умеет (продвинутый)	рассчитывать энергетический и эксергетический КПД технологических аппаратов и установок, выполнять моделирующие расчеты и энерготехнологическую оптимизацию теплотехнологического оборудования с использованием современного программного обеспечения системами	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение составлять энергетические балансы теплоэнергетического оборудования, определять потребности производства в основных энергоносителях, определять производительность и мощность теплоэнергетического оборудования	Сформированное умение рассчитывать энергетический и эксергетический КПД технологических аппаратов и установок, выполнять моделирующие расчеты и энерготехнологическую оптимизацию теплотехнологического оборудования с использованием современного программного обеспечения
	Владеет (высокий)	методами расчета материальных, тепловых, энергетических и эксергетических балансов анализом и термодинамической оптимизацией технологических систем	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методик расчета материальных, тепловых, энергетических и эксергетических балансов анализом и термодинамической оптимизацией технологических систем	Успешное и систематическое применение методик расчета материальных, тепловых, энергетических и эксергетических балансов анализом и термодинамической оптимизацией технологических систем

**Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дис-**

дисциплине «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов» проводится в форме собеседования и контроля графика выполнения самостоятельной работы, по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов» (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

- степень усвоения теоретических знаний по дисциплине «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов»;

- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

- результаты самостоятельной работы.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов» проводится в форме контрольных мероприятий (3 и 4 семестры – экзамен) в устной форме в виде ответов на вопросы приведенные, в разделе зачетно-экзаменационные материалы ФОС.

## Оценочные средства для промежуточной аттестации

### Вопросы к экзамену

1. На каком законе основан метод тепловых балансов?
2. Недостатки метода тепловых балансов для анализа термодинамических систем.
3. Эксергетический метод анализа. В чем отличие этого метода от метода тепловых балансов?
4. Определение энергии системы. Физический смысл энергии.
5. Эксергетические потери. Эксергетические потери от внешней и внутренней необратимости.
6. Эксергия теплоты и ее определение с помощью цикла Карно.
7. Эксергия потока вещества.
8. Графическая интерпретация определения эксергии на диаграмме  $h-S$
9. Энтропийный метод анализа. Его отличие от эксергетического метода анализа.
10. Выражение для расчета эксергетических потерь.
11. Относительный коэффициент эксергетических потерь.
12. Метод приращений эксергий. Его отличие от классического эксергетического и энтропийного методов.
13. Общие потери эксергии. Потери эксергии от внешней необратимости. Закон Гюи-Стодолы (потери эксергии от внутренней необратимости тепловых процессов).
14. Определение эксергии теплового потока. Математическое выражение для эксергии теплового потока.
15. Определение и математическое выражение среднетермодинамической температуры теплового потока.
16. Математическое выражение для величины приращения эксергии.
17. Эксергетические потери – абсолютная величина оценки термодинамического совершенства системы.

18. Эксергетический КПД как относительная характеристика термодинамического совершенства системы.

19. Вычисление эксергетического КПД элементарного теплового процесса и сложной термодинамической системы.

20. Математическое выражение связи общего эксергетического КПД системы с КПД ее элементов.

21. Связь эксергетического КПД реальной термодинамической системы с КПД адиабатной системы с отводом теплового потока в окружающую среду и дросселированием потоков.

22. Упрощенный метод определения эксергетического КПД сложной термодинамической системы.

23. Определить эксергетический КПД рекуперативного теплообменника.

24. Определить эксергетический КПД контактного теплообменника.

25. Определить эксергетический КПД адиабатического самоиспарителя.

26. Определить эксергетический КПД выпарного аппарата.

27. Методические основы построения эксергетических диаграмм.

28. Относительная величина затраченной эксергии.

29. Относительная величина приобретенной эксергии.

30. Как выражается второй закон термодинамики на диаграмме эксергетических потоков?

31. Алгоритм построения эксергетических диаграмм.

32. Расчет термодинамической системы с регенеративным контуром.

33. Определение связи эксергетических потерь с расходом топлива в энергетическом котле в условиях ограниченной информации по энергетическому источнику и преобразования энергоносителя от источника до анализируемого процесса.

34. Критерий энергетической эффективности академика М.В.Кирпичева. Математическое выражение.

35. Критерий энергетической эффективности проф. В.М.Антуфьева. Вывод критерия энергетической эффективности.

36. Эксергетический коэффициент теплопередачи как универсальная характеристика оценки энергоэффективности энергетических процессов. Вывод критерия энергетической эффективности.

37. Показать связь эксергетического коэффициента теплопередачи с критериями М.В.Кирпичева и В.М.Антуфьева.

## **Комплект оценочных средств для текущей аттестации**

### **УО-1 Собеседование**

#### **Вопросы по темам/разделам дисциплины**

1. Метод тепловых балансов.
2. Недостатки метода тепловых балансов для анализа термодинамических систем.
3. Эксергетический метод анализа, отличие этого метода от метода тепловых балансов.
4. Определение энергии системы.
5. Физический смысл энергии.
6. Эксергетические потери.
7. Эксергетические потери от внешней и внутренней необратимости.
8. Определение значения эксергии для различных видов энергии.
9. Эксергия для механической и электрической энергии.
10. Эксергия теплоты и ее определение с помощью цикла Карно.
11. Эксергия потока вещества.
12. Графическая интерпретация определения эксергии на диаграмме  $h-S$ .
13. Энтропийный метод анализа его отличие от эксергетического метода анализа.
14. Выражение для расчета эксергетических потерь.
15. Относительный коэффициент эксергетических потерь.

### **УО-2 Собеседование**

#### **Вопросы по темам/разделам дисциплины**

1. Эксергетический КПД сложной термодинамической системы.
2. Упрощенный метод определения эксергетического КПД сложной термодинамической системы.
3. Определение эксергетического КПД тепловых процессов, осложненных массообменом.
4. Метод приращений эксергий. Его отличие от классического эксергетического и энтропийного методов. Общие потери эксергии.
5. Потери эксергии от внешней необратимости.
6. Закон Гюи-Стодолы (потери эксергии от внутренней необратимости тепловых процессов).
7. Определение эксергии теплового потока. Математическое выражение для эксергии теплового потока.
8. Определение и математическое выражение среднетермодинамической температуры теплового потока.
9. Математическое выражение для величины приращения эксергии.
10. Эксергетические потери – абсолютная величина оценки термодинамического совершенства системы.
11. Эксергетический КПД как относительная характеристика термодинамического совершенства системы.
12. Вычисление эксергетического КПД элементарного теплового процесса и сложной термодинамической системы.
13. Математическое выражение связи общего эксергетического КПД системы с КПД ее элементов.
14. Связь эксергетического КПД реальной термодинамической системы с КПД адиабатной системы с отводом теплового потока в окружающую среду и дросселированием потоков.
15. Упрощенный метод определения эксергетического КПД сложной термодинамической системы.
16. Определить эксергетический КПД рекуперативного теплообменника.
17. Определить эксергетический КПД контактного теплообменника.

18. Определить эксергетический КПД адиабатического самоиспарителя.
19. Определить эксергетический КПД выпарного аппарата.

### **УО-3 Собеседование**

#### **Вопросы по темам/разделам дисциплины**

1. Энергетический коэффициент теплопередачи.
2. Эксергетический коэффициент теплопередачи.
3. Критерий энергетической эффективности академика М.В. Кирпичева.  
Критерий энергетической эффективности проф. В.М. Антуфьева.
4. Эксергетический коэффициент теплопередачи как универсальная характеристика оценки энергоэффективности энергетических процессов.
5. Связь эксергетического коэффициента теплопередачи с критериями М.В. Кирпичева и В.М. Антуфьева
6. Составление и анализ эксергетических балансов, расчет эксергетических КПД и КПИ.
7. Анализ данных по эксергетическим КПД и КПИ для источников тепло- и электроснабжения, технологических аппаратов, установок и систем.
8. Оценка эффективности работы пароконденсатных систем. Особенности методики построения пароконденсатного баланса.

#### **Критерии оценки (устный ответ) на собеседовании**

✓ 100-85 баллов (отлично) - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 баллов (хорошо) - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и

полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 балл (удовлетворительно) – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

### **Критерии выставления оценки студенту на экзамене**

#### **по дисциплине «Расчет энергоэффективности и эксергетический анализ теплотехнологических процессов»:**

<b>Баллы</b> (рейтинговой оценки)	<b>Оценка экзамена</b> (стандартная)	<b>Требования к сформированным компетенциям</b> <i>Дописать оценку в соответствии с компетенциями.</i>
--------------------------------------	---	---



100-86	«отлично»	<p>Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. Может дать определение основных принципов развития информационно-компьютерных технологий в области теоретической и общей теплотехники, определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах. Освоил методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах. Владеет технологией проектирования научно-исследовательского процесса.</p>
85- 76	«хорошо»	<p>Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Хорошо знает и применяет основные принципы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах. Умеет применять в расчетах основные принципы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах. Ознакомился с технологией проектирования научно-исследовательского процесса.</p>
75-61	«удовлетворительно»	<p>Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ. Поверхностно знает и применяет правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины. Немного умеет применять приемы в организации освоения и доводки технологических процессов.</p>

		<p>Частично освоил методы организации энергоаудита.          Приобрел знания по технологии проверки оборудования энергетических предприятий.          Ознакомился с основными технологией проектирования научно-исследовательского процесса.</p>
60-50	<i>«неудовлетворительно»</i>	<p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Не знает основных принципов определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах. Не умеет применять в расчетах основные принципы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах. Не владеет приемами организации энергоаудита.          Не приобрел знания по технологии проектирования научно-исследовательского процесса.</p>