

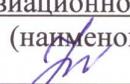
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

авиационной и морской техники

(наименование факультета)

 О.А. Красильникова

(подпись, ФИО)

« 14 » 05 20 20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Математическое моделирование и системный анализ тепловых**  
**электрических станций**

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	1	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен	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 «Математическое моделирование и системный анализ тепловых электрических станций» 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>: основные принципы системного подхода к изучению и исследованию ТЭС как сложной системы; методологию системных исследований и математического моделирования ТЭС; методы решения систем балансовых уравнений и способы получения исходной информации для математического моделирования; методы оптимизации параметров ТЭС; методы принятия решений в условиях неопределенности исходной информации.</p> <p><i>уметь</i>: представлять ТЭС различных типов в виде иерархических структур, формулировать задачу математического моделирования ТЭС применительно к различным условиям, решать систему балансовых уравнений, определять места разрывов обратных связей и составлять алгоритм расчета тепловой схемы, логически и математически формулировать задачу оптимизации параметров ТЭС, сравнивать эффективность и выбирать методы нелинейного программирования.</p> <p><i>владеть навыками</i>: представлять тепловую схему ТЭС в виде ориентированного графа; анализировать граф и определять объем математической модели ТЭС, составлять уравнения тепловых, гидравлических, аэродинамических и других балансов для основных элементов ТЭС.</p>
Основные разделы / темы дисциплины	<p>Введение. Современное состояние проблемы моделирования и оптимизации ТЭС.</p> <p>Основы системного анализа.</p> <p>Методика построения математических моделей ТЭС.</p> <p>Проблемы информации при моделировании ТЭС.</p> <p>Реализация математических моделей ТЭС на ЭВМ.</p> <p>Основы оптимизации и обоснования решений в ТЭС.</p>

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

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование и системный анализ тепловых электрических станций» 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
Общепрофессиональные		
ОПК-2. Способен применять современные методы исследования, оцени-	ОПК-2.1. Знает современные методы исследования, современное состояние теплоэнергетической от-	Знать основные принципы системного подхода к изучению и исследованию ТЭС как сложной системы; методоло-

<p>вать и представлять результаты выполненной работы</p>	<p>расли, способы оценки и представления результатов выполненной работы</p> <p>ОПК-2.2. Умеет применять компьютерные технологии, приемы математического моделирования при решении профессиональных задач; осуществлять анализ и представление полученных результатов</p> <p>ОПК-2.3. Владеет навыками использования компьютерных технологий, математического моделирования при решении профессиональных задач; представления результатов выполненной работы</p>	<p>гию системных исследований и математического моделирования ТЭС</p> <p>Уметь представлять ТЭС различных типов в виде иерархических структур, формулировать задачу математического моделирования ТЭС применительно к различным условиям, решать систему балансовых уравнений, определять места разрывов обратных связей и составлять алгоритм расчета тепловой схемы</p> <p>Владеть навыками представления тепловой схемы ТЭС в виде ориентированного графа; анализировать граф и определять объем математической модели ТЭС, составлять уравнения тепловых, гидравлических, аэродинамических и других балансов для основных элементов ТЭС.</p>
--	---	--

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

Дисциплина «Математическое моделирование и системный анализ тепловых электрических станций» изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к обязательной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин бакалавриата в области теплотехники, устройства и принципа действия основного и вспомогательного теплоэнергетического оборудования, технологии производства электроэнергии и теплоту.

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Математическое моделирование и системный анализ тепловых электрических станций», будут востребованы при выполнении научно-исследовательской работы, написании магистерской диссертации.

### 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>	32
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	76
Промежуточная аттестация обучающихся – Экзамен	36

**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>Тема</b> Введение. Современное состояние проблемы моделирования и оптимизации ТЭС: <i>метод математического моделирования; иерархическая структура ТЭС и её математических моделей; задача оптимального проектирования ТЭС.</i>	2			3
<b>Тема</b> Основы системного анализа: <i>системный анализ; системный подход; элементы, связи, система, структура, декомпозиция, иерархия; модульное строение системы; принципы системного подхода; системы и моделирование; общие свойства математической модели; методология системных</i>	2			3

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	
<i>исследований.</i>				
<b>Тема</b> Методика построение математических моделей ТЭС: <i>основные понятия метода математического моделирования; общие подходы к построению математических моделей; граф тепловой схемы ТЭС; матрица соединений вершин графа; матрица видов связей по энергоносителям; анализ графа; система балансовых уравнений; характеристика элементов оборудования; система ограничений; целевая функция; полезный эффект ТЭС; общий вид записи математической модели ТЭС.</i>	4			3
<b>Тема</b> Проблемы информации при моделировании ТЭС: <i>свойства и формы представления информации; система информационных связей; методы получения исходной информации: экстраполяционное прогнозирование, экспертные оценки, морфологический метод, комбинированные методы прогнозирования.</i>	2			3
<b>Тема</b> Реализация математических моделей ТЭС на ЭВМ: <i>решение системы балансовых уравнений; оптимальная последовательность расчета тепловой схемы; определение допустимого технического решения; методы упрощенного представления сложных зависимостей; основы имитационного моделирования.</i>	3			4
<b>Тема</b> Основы оптимизации и обоснования решений в ТЭС: <i>постановка оптимизационной задачи; целевая функция; ограничения; классификация методов оптимизации; классические методы; методы случайного поиска; методы направленного поиска (Гаусса-Зейделя, симплексный метод, градиентный метод, метод Хука и Дживса и др.); сравнение эффектив-</i>	3			4

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	
<i>ности методов; погрешность метода решения задачи оптимизации ТЭС; методика принятия решений в условиях неопределенности исходной информации.</i>				
<b>Тема</b> Состав и принципы действия ТЭС различных типов: <i>выдача индивидуальных заданий по вариантам установок; ознакомление с работой ТЭС.</i>		1		3
<b>Тема</b> Иерархическая структура ТЭС: <i>построение иерархической структуры тепловой схемы ТЭС.</i>		1		3
<b>Тема</b> Представление тепловой схемы в виде графа. Матрицы графа: <i>понятие об элементах теории графов и их применении в оптимизации и моделировании ТЭС; построение ориентированного графа ТЭС; составление матриц соединения вершин графа и видов связей по энергоносителям.</i>		3		3
<b>Тема</b> Определение объема математической модели: <i>анализ графа; определение числа параметров связей, независимых параметров, числа балансовых уравнений.</i>		2		3
<b>Тема</b> Анализ функциональных связей отдельных элементов тепловой схемы: <i>определение внешних фиксированных параметров, термодинамических и расходных параметров связей, оптимизируемых (независимых) параметров для основных элементов тепловой схемы ТЭС.</i>		3		4
<b>Тема</b> Виды и способы составления балансовых уравнений ТЭС: <i>примеры составления уравнений балансов</i>		2		5

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	
<i>энергии (теплоты), расходов, гидравлического (аэродинамического) балансов и др. для наиболее характерных элементов ТЭС.</i>				
<b>Тема</b> Система балансовых уравнений: <i>составление уравнений тепловых балансов для всех элементов схемы ТЭС.</i>		2		6
<b>Тема</b> Алгоритм расчета тепловой схемы: <i>определение места разрыва обратных связей и составления алгоритма расчета тепловой схемы.</i>		2		5
<b>Тема</b> Составление математической модели заданной ТЭС (РГР)				24
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>76</b>

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

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	20
Подготовка к занятиям семинарского типа	32
Подготовка и оформление РГР	24
	76

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

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 (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

1. Дворецкий, С.И. Моделирование систем. Учебник для вузов / Дворецкий, С.И., Муромцев, Ю.Л., Погонин, В.А., Схиртладзе, А.Г. - М.: Академия, 2009.-316 с.
2. Евстигнеев, В.А. Применение теории графов в программировании / Под ред. А.П.Ершова.- М.: Наука, 1985.-352 с.
3. Зарубин, В.С. Математическое моделирование в технике. Учебник для втузов.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010.- 495 с.
4. Тепловые электрические станции. Учебник для вузов / Под ред. В.М.Лавыгина, А.С.Седлова, С.В.Цанева.- М.: Издательский дом МЭИ, 2009.- 465 с.

### **8.2 Дополнительная литература**

1. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок.- М.: Энергия, 1978.- 416 с.
2. Попырин, Л.С., Самусев, В.И., Эпельштейн, В.В. Автоматизация математического моделирования теплоэнергетических установок.-М.:Наука, 1981.-236 с.
3. Левенталь, Г.Б., Попырин, Л.С. Оптимизация теплоэнергетических установок.- М.: Энергия, 1970.- 350 с.
4. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс.- М.: Радио и связь, 1988.- 128 с.

### **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**

Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM.  
Электронно-библиотечная система eLIBRARY.RU.

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

<http://teplolib.ucoz.ru> – электронная библиотека теплоэнергетика

### **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
MicrosoftImaginePremium	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>
SMathStudio	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://ru.smath.info/">https://ru.smath.info/</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 наиболее важному 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 восполня-

ется 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 расчетно-графической работы*

При выполнении расчетно-графической работы следует обязательно пользоваться теоретическим материалом лекций и примерами, рассматриваемыми на практических занятиях. Для успешного выполнения РГР необходимо также четко придерживаться графика его выполнения в течение семестра, определяемого преподавателем.

## **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/ноутбук).

#### **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. \_\_\_\_ корпус № \_\_\_\_).

## **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 здоровья, 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 студен-

тами, 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**

**Математическое моделирование и системный анализ тепловых  
электрических станций**

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>1</i>	<i>4</i>

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
<i>Экзамен</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>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-2. Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	<p>ОПК-2.1. Знает современные методы исследования, современное состояние теплоэнергетической отрасли, способы оценки и представления результатов выполненной работы</p> <p>ОПК-2.2. Умеет применять компьютерные технологии, приемы математического моделирования при решении профессиональных задач; осуществлять анализ и представление полученных результатов</p> <p>ОПК-2.3. Владеет навыками использования компьютерных технологий, математического моделирования при решении профессиональных задач; представления результатов выполненной работы</p>	<p>Знать основные принципы системного подхода к изучению и исследованию ТЭС как сложной системы; методологию системных исследований и математического моделирования ТЭС</p> <p>Уметь представлять ТЭС различных типов в виде иерархических структур, формулировать задачу математического моделирования ТЭС применительно к различным условиям, решать систему балансовых уравнений, определять места разрывов обратных связей и составлять алгоритм расчета тепловой схемы</p> <p>Владеть навыками представления тепловой схемы ТЭС в виде ориентированного графа; анализировать граф и определять объем математической модели ТЭС, составлять уравнения тепловых, гидравлических, аэродинамических и других балансов для основных элементов ТЭС.</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Математическое моделирование и системный анализ ТЭС	ОПК-2	Опорный конспект лекций	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);</li> <li>- логическое построение и связность текста;</li> <li>- полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);</li> <li>- визуализация информации как</li> </ul>

			результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
	ОПК-2	Собеседование	- глубина, прочность, систематичность знаний; - адекватность применяемых знаний ситуации; - рациональность используемых подходов; - степень проявления необходимых профессионально значимых личностных качеств; - степень значимости определенных ценностей; - проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям; - умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.
	ОПК-2	Задачи практических занятий	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; - установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
	ОПК-2	Расчетно-графическая работа	- соответствие предполагаемым ответам; - правильное использование алгоритма выполнения решения; - логика рассуждений; - неординарность подхода к решению задач.

## 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
1 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме экзамена</i>				
1	Опорный конспект лекций	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено графическая и текстовые части конспекта. 24 балла – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>графической и текстовой частям конспекта.  18 баллов – Конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции). Небрежное оформление конспекта.  12 баллов – В конспекте отсутствуют 2 лекции. Небрежное оформление конспекта.  0 баллов – отсутствует более 2-х лекций.</p>
2	Собеседование (2вопроса)	В течение семестра	30 баллов	<p>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.</p>
3	Задачи практических занятий	В течение семестра	40 баллов	<p>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 задания работы и не может объяснить полученные результаты.</p>
4	Расчетно-графическая работа	В течение семестра	40 баллов	40 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>30 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении контрольной работы.</p> <p>20 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления контрольной работы имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также неспособен пояснить полученный результат.</p>
Текущий контроль:		-	140 баллов	-
5	Экзамен	На экзаменационной сессии	50 баллов	<p>50 баллов - студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>40 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>25 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов - при ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
Экзамен:		-	190 баллов	-
<b>ИТОГО:</b>		-	<u>      </u> баллов	-
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>				

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
	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)			

### **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**

Для полученного индивидуального варианта тепловой схемы ТЭС выполнить следующие пункты задания.

1. Вычертить тепловую схему установки с обозначением римскими цифрами отдельные элементы теплового энергетического оборудования.
2. Составить легенду тепловой схемы установки.
3. Описать работу установки.
4. Построить ориентированный граф тепловой схемы установки.
5. Составить матрицу соединений вершин графа и матрицу видов связей по энергоносителям.
6. Выполнить анализ функциональных связей для каждого элемента оборудования (вершины графа).
7. Провести анализ функциональных связей;
8. Составить матрицу процесса;
9. Составить матрицы смежности;
10. Преобразовать матрицу смежности в сокращенную матрицу смежности;
11. На основе сокращенной матрицы смежности найти ее степени для идентификации контуров.
12. Составить матрицу циклов.

#### **3.2 Задания для промежуточной аттестации**

##### **Контрольные вопросы к экзамену**

1. Перечислите три основных вида моделей. К какому из этих видов относятся математические модели?
2. В рамках системного анализа дайте определения элемента и системы.
3. Назовите и изобразите графически два основных вида иерархии.
4. Запишите (без пояснений) шесть принципов системного подхода.
5. Приведите общий вид записи математической модели ТЭС.
6. Для экономайзера котла запишите уравнение энергетического баланса.
7. Перечислите виды ограничений, которые должны входить в математическую модель ТЭС.
8. Назовите методы экспертных оценок.
9. Что понимается под полезным энергетическим эффектом ТЭС?
10. Перечислите методы направленного поиска экстремума нелинейной функции многих переменных.

