



КГУУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИАТЭ
протокол №9 от 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор института Теплоэнергетики

_____ Чичирова Н.Д.
«21» июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Решение инженерных задач в ядерной энергетике

Специальность: 14.05.02 Атомные станции: проектирование,
эксплуатация и инжиниринг

Квалификация: Специалист

г. Казань, 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО –специалитет по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 154)

Программу разработал(и):

Старший преподаватель _____ Саитов С.Р.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Атомные и Тепловые электрические станции, протокол №21-2020/21 от 18.06.21

Заведующий кафедрой _____ Чичирова Н.Д.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры Атомные и Тепловые электрические станции, протокол №21-20/21 от 18.06.2021г.

Заведующий кафедрой _____ Чичирова Н.Д.

Программа одобрена на заседании методического совета института Теплоэнергетики, протокол № 05/21 от 21.06.2021 г.

Зам. директора института Теплоэнергетики _____ Власов С.М.

Программа принята решением Ученого совета института Теплоэнергетики протокол № 05/21 от 21.06.2021 г.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Решение инженерных задач в ядерной энергетике» является формирование навыков решения инженерных задач ядерной энергетике с использованием современных информационных технологий

Задачами дисциплины являются:

1. Получение навыков формулирования инженерных задач в ядерной энергетике
2. Изучение численных методов решения математических задач
3. Получение навыков численного моделирования процессов в ядерной энергетике
4. Получение навыков расчета численных моделей на языке Python

Компетенции, формируемые у обучающихся, запланированные результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)
Общепрофессиональные компетенции (ОПК)		
ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОПК-1.10 Применяет методы теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	<i>Знать:</i> Знает методы теоретического и экспериментального исследования, необходимые для решения профессиональных задач (З1) <i>Уметь:</i> Умеет применять методы теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (У1) <i>Владеть:</i> Владеет современными методами математического моделирования исследуемых процессов при решении профессиональных задач (В1)
ОПК-2 Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий	ОПК-2.1 Формулирует цели и задачи исследования	<i>Знать:</i> Знает принципы формирования целей и задач исследования (З1) <i>Уметь:</i> Умеет самостоятельно ставить цели и формулировать под них задачи исследования (У1) <i>Владеть:</i> Владеет принципами формирования целей и задач исследования (В1)
	ОПК-2.3 Формулирует и выбирает критерии принятия решений в соответствии с целями и задачами исследования	<i>Знать:</i> Знает методы принятия решения (З1) <i>Уметь:</i> Умеет формулировать и выбирать критерии принятия решений в соответствии с целями и задачами исследования (У1) <i>Владеть:</i> Владеет методами принятия решения в соответствии с целями и задачами проводимого исследования (В1)

ОПК-4 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК-4.1 Способен разрабатывать алгоритмы для решения практических задач	<i>Знать:</i> Знает основы алгоритмизации и программирования на языках высокого уровня (З1) <i>Уметь:</i> Умеет строить логические блок-схемы, способен описать задачу в псевдокоде (У1) <i>Владеть:</i> Владеет языками программирования высокого уровня (В1)
ОПК-5 Способен оформлять результаты работы и научно- исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ	ОПК-5.1 Применяет системы компьютерной верстки и пакеты офисных программ для представления результатов работы и научно- исследовательской деятельности	<i>Знать:</i> Знает перечень систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ, области их применения (З1) <i>Уметь:</i> Умеет применять системы компьютерной верстки и пакеты офисных программ для представления результатов работы и научно-исследовательской деятельности (У1) <i>Владеть:</i> Владеет опытом подготовки отчета с использованием системы компьютерной верстки и пакета офисных программ по результатам научно-исследовательской деятельности (В1)
	ОПК-5.2 Оформляет результаты научно- исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций	<i>Знать:</i> Знает правила оформления научных отчетов и презентаций (З1) <i>Уметь:</i> Умеет оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде научных отчетов и презентаций (У1) <i>Владеть:</i> Владеет опытом разработки презентаций с интерактивным содержанием (В1)

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Решение инженерных задач в ядерной энергетике» относится к обязательной части учебного плана по направлению подготовки 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
ОПК-1	Высшая математика Ядерная физика	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
ОПК-2		Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
ОПК-3	Информатика	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
ОПК-4	Информатика	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
ОПК-5		Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: теоретические и практические основы математического аппарата фундаментальных наук, теоретические основы теплотехники, ядерной физики

Уметь: применять средства информационных, компьютерных и сетевых технологий для решения профессиональных задач

Владеть: базовыми навыками программирования на языке(ах) высокого уровня (Python, C# и т.п.)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) (ЗЕ), всего 72 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 8 час., занятия семинарского типа (практические, семинарские занятия, лабораторные работы и т.п.) 24 час., групповые и индивидуальные консультации 0 час., прием экзамена (КПА), зачета с оценкой - 1 час., самостоятельная работа обучающегося 40 час, контроль самостоятельной работы (КСР) -0 час.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	72	72
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	36	36
Лекционные занятия (Лек)	8	8
Практические занятия (Пр)	24	24
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):	40	40
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (зачет)		
ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	За	За

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Семестр	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС								Формируемые результаты обучения (знания, умения, умения)	Литература	Формы текущего контроля	Формы промежуточной аттестации	Максимальное количество баллов по балльно - рейтинговой системе	
		Занятия лекционного типа	Занятия практического / семинарского типа	Лабораторные работы	Групповые консультации	Самостоятельная работа студента, в т.ч.	Контроль самостоятельной работы (КСР)	подготовка к промежуточной аттестации	Сдача зачета / экзамена						Итого
Раздел 1. Применение библиотеки IAPWS-97 в инженерных расчётах															
1. Постановка инженерных задач ядерной энергетики с участием термодинамических свойств легких и тяжелых вод	6	2	2			2				6	ОПК-1.10-3, ОПК-2.1-3, ОПК-2.3-3, ОПК-5.1-3,У,В, ОПК-5.2-3,У	Л.1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л.2.1, Л.2.2, Л. 2.3	ТМ, О	3а	15
2. Применение библиотеки IAPWS97 при решении задач термодинамики в водяных и пароводяных контурах АЭС	6		2			2				4	ОПК-1.10-У, ОПК-2.1-У,В, ОПК-2.3-У,В, ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	Л.1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л.2.1, Л.2.2, Л. 2.3	JNT	3а	5
3. Решение задачи построения процесса расширения пара в тихоходной турбине блока ВВЭР-1000	6		2			4				6	ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	Л.1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л.2.1, Л.2.2, Л. 2.3	JNT	3а	5
Раздел 2. Постановка инженерных задач ядерной энергетики в форме систем уравнений															
4. Постановка инженерных задач ядерной энергетики в форме СЛАУ	6	2	2			2				9	ОПК-1.10-3, ОПК-2.1-3, ОПК-2.3-3, ОПК-5.1-3,У,В, ОПК-5.2-3,У	Л.1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л.2.1, Л.2.2, Л. 2.3	ТМ, О	3а	15

5. Прямые и численные методы решения СЛАУ	6		2			4				6	ОПК-1.10-У, ОПК-2.1-У,В, ОПК-2.3-У,В, ОПК-5.1-3,У,В, ОПК-5.2-3,У	Л.1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л.2.1, Л.2.2, Л. 2.3	О	3а	5
6. Применение библиотеки scipy.linalg для решения СЛАУ на Python	6		2			4				6	ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	Л.1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л.2.1, Л.2.2, Л. 2.3	JNT	3а	5

Раздел 3. Математическая формулировка задачи оптимизации на примере энергосистемы с блоками АЭС

7. Решение задачи распределения нагрузки между генераторами энергосистемы методами относительного прироста и множителей Лагранжа	6	2	2			4				8	ОПК-1.10-3,У,В, ОПК-1.10-3,У,В, ОПК-1.10-3,У,В, ОПК-5.1-3,У,В, ОПК-5.2-3,У	Л.1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л.2.1, Л.2.2, Л. 2.3	ТМ, О	3а	15
8. Решение задачи оптимизации режимов энергосистемы методом последовательного квадратичного программирования	6		2			2				4	ОПК-1.10-У, ОПК-2.1-У,В, ОПК-2.3-У,В, ОПК-5.1-3,У,В, ОПК-5.2-3,У	Л1.2	О	3а	5
9. Применение библиотеки scipy.optimize для решения оптимизационной задачи на Python	6		2			2				4	ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	Л.1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л.2.1, Л.2.2, Л. 2.3	JNT	3а	5

Раздел 4. Постановка задач оптимизации физических характеристик ядерных реакторов

10. Решение задачи минимизации критической массы ядерного топлива	6		2			2				4	ОПК-1.10-У, ОПК-2.1-У,В, ОПК-2.3-У,В, ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	Л1.2	JNT	3а	5
											ОПК-1.10-3,У,В, ОПК-5.2-В	Л.1.1,			

11. Решение задачи максимизации мощности реактора	6	2	2			4				8		Л. 1.2, Л. 1.3, Л.2.1, Л.2.2, Л. 2.3	ТМ, JNT	3a	15
---	---	---	---	--	--	---	--	--	--	---	--	--	------------	----	----

12. Решение задачи оптимизации компоновки реакторов различных способах выравнивания энерговыделения	при 6	2	8	10	ОПК-1.10-У, ОПК-2.1-У, В, ОПК-2.3-У, В, ОПК-4.1-3, У, В, ОПК-5.2-В	Л.1.1, Л.1.2, Л.1.3, Л.2.1, Л.2.2, Л.2.3	JNT	За	5
ИТОГО	8	24	40	72					

3.3. Тематический план лекционных занятий

Номер раздела дисциплины	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Применение библиотеки IAPWS-97 в инженерных расчётах	2
2	Постановка инженерных задач ядерной энергетики в форме систем уравнений	2
3	Математическая формулировка задачи оптимизации на примере энергосистемы с блоками АЭС	2
4	Постановка задач оптимизации физических характеристик ядерных реакторов	2
Всего		8

3.4. Тематический план практических занятий

Номер темы дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
1	Постановка инженерных задач ядерной энергетики с участием термодинамических свойств легких и тяжелых вод	2
2	Применение библиотеки IAPWS97 при решении задач термодинамики в водяных и пароводяных контурах АЭС	2
3	Решение задачи построения процесса расширения пара в тихоходной турбине блока ВВЭР-1000	2
4	Постановка инженерных задач ядерной энергетики в форме СЛАУ	2
5	Прямые и численные методы решения СЛАУ	2
6	Применение библиотеки scipy.linalg для решения СЛАУ на Python	2
7	Решение задачи распределения нагрузки между генераторами энергосистемы методами относительного прироста и множителей Лагранжа	2
8	Решение задачи оптимизации режимов энергосистемы методом последовательного квадратичного программирования	2
9	Применение библиотеки scipy.optimize для решения оптимизационной задачи на Python	2
10	Решение задачи минимизации критической массы ядерного топлива	2
11	Решение задачи максимизации мощности реактора	2
12	Решение задачи оптимизации компоновки реакторов при различных способах выравнивания энерговыделения	2
Всего		24

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

3.6. Самостоятельная работа студента

Номер темы дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Трудоемкость, час.
1	Постановка инженерных задач ядерной энергетики с участием термодинамических свойств легких и тяжелых вод	Решение задач с использованием h,s-диаграммы по вариантам	2
2	Применение библиотеки IAPWS97 при решении задач термодинамики в водяных и пароводяных контурах	Разработка алгоритма решения инженерной задачи в среде Jupyter Notebook на языке Python	4
3	Решение задачи построения процесса расширения пара в тихоходной турбине блока	Построение процесса расширения пара на h,s-диаграмме по вариантам	4
4	Постановка инженерных задач ядерной энергетики в форме СЛАУ	Составление СЛАУ по тепловой схеме турбоустановки К-1000-60/1500 по вариантам	2
5	Прямые и численные методы решения СЛАУ	Подготовка решения СЛАУ с использованием пакета офисных программ	2
6	Применение библиотеки scipy.linalg для решения СЛАУ на Python	Разработка алгоритма решения инженерной задачи в среде Jupyter Notebook на языке Python	4
7	Решение задачи распределения нагрузки между генераторами энергосистемы методами относительного прироста и множителей Лагранжа	Решение задачи распределения нагрузки между генераторами энергосистемы (ГТУ, ПТУ, ГЭС, АЭС) по вариантам	4
8	Решение задачи оптимизации режимов энергосистемы методом последовательного квадратичного программирования	Подготовка решения с использованием пакета офисных программ	2
9	Применение библиотеки scipy.optimize для решения оптимизационной задачи на Python	Разработка алгоритма решения инженерной задачи в среде Jupyter Notebook на языке Python	4
10	Решение задачи минимизации критической массы ядерного топлива	Разработка алгоритма решения инженерной задачи в среде Jupyter Notebook на языке Python	4
11	Решение задачи максимизации мощности реактора	Разработка алгоритма решения инженерной задачи в среде Jupyter Notebook на языке Python	4

12	Решение задачи оптимизации компоновки реакторов при различных способах выравнивания энерговыделения	Разработка алгоритма решения инженерной задачи в среде Jupyter Notebook на языке Python	4
Всего			40

4. Образовательные технологии

При проведении учебных занятий используются традиционные образовательные технологии (*лекции в сочетании с практическими занятиями, семинарами и с лабораторными работами, самостоятельное изучение определённых разделов*) и современные образовательные технологии, направленные на обеспечение развития у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств: *междисциплинарное обучение, опережающая самостоятельная работа*

5. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Обобщенные критерии и шкала оценивания уровня сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции) по итогам освоения дисциплины:

Планируемые результаты обучения	Обобщенные критерии и шкала оценивания результатов обучения			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов

Характеристика сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач
Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Низкий	Ниже среднего	Средний	Высокий

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			незачтено
ОПК-1	ОПК - 1.10	Знать				
		Знает методы теоретического и экспериментального исследования, необходимые для решения профессиональных задач (З1)	Знает методы теоретического и экспериментального исследования в полном объеме	Знает часть методов теоретического и экспериментального исследования	Знает методы теоретического или экспериментального исследования	Не знает методы теоретического и экспериментального исследования, необходимые для решения профессиональных задач
		Уметь				
		Умеет применять методы теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (У1)	Свободно применяет методы теоретического и экспериментального исследования	Умеет применять методы теоретического и экспериментального исследования, допускает ошибки	Испытывает сложности при использовании методов теоретического и экспериментального исследования	Не умеет применять методы теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
		Владеть				
		Владеет современными методами математического моделирования исследуемых процессов при решении профессиональных задач (В1)	В совершенстве владеет методами математического моделирования исследуемых процессов при решении различных профессиональных задач	В совершенстве владеет методами математического моделирования исследуемых процессов при решении типовых профессиональных задач	Слабо владеет современными методами математического моделирования	Не владеет методами математического моделирования

ОПК-2	ОПК-2.1	Знать				
		Знает принципы формирования целей и задач исследования (31)	Знает принципы формирования целей и задач исследования в полном объеме	Знает основные принципы формирования целей и задач исследования	Знает принципы формирования целей, не знает принципы формирования задач	Не знает принципы формирования целей и задач исследования
		Уметь				
		Умеет самостоятельно ставить цели и формулировать под них задачи исследования (У1)	Умеет самостоятельно ставить цели и формулировать под них задачи исследования	Не умеет самостоятельно ставить цели, но способен формулировать под них задачи исследования	Умеет самостоятельно ставить цели, но не способен формулировать под них задачи исследования	Не умеет самостоятельно ставить цели и формулировать под них задачи исследования
		Владеть				
		Владеет принципами формирования целей и задач исследования (В1)	В совершенстве владеет принципами формирования целей и задач исследования	Владеет принципами формирования целей и задач исследования, допускает ошибки	Слабо владеет принципами формирования целей и задач исследования	Не владеет принципами формирования целей и задач исследования
	ОПК-2.3	Знать				
		Знает методы принятия решения (31)	Знает методы принятия решения в полном объеме	Знает основные методы принятия решения	Частично знает методы принятия решения	Не знает методы принятия решения
		Уметь				
		Умеет формулировать и выбирать критерии принятия решений в соответствии с целями и задачами исследования (У1)	Умеет формулировать и выбирать критерии принятия решений в соответствии с целями и задачами исследования	Умеет формулировать , но допускает ошибки при выборе критериев принятия решений	Не умеет формулировать , но способен выбирать критерии принятия решений в соответствии с целями и задачами исследования	Не умеет формулировать и выбирать критерии принятия решений в соответствии с целями и задачами исследования

ОПК-2	ОПК-2.3	Владеть				
		Владеет методами принятия решения в соответствии с целями и задачами проводимого исследования (В1)	В совершенстве владеет методами принятия решения в соответствии с целями и задачами проводимого исследования	Владеет методами принятия решения в соответствии с целями проводимого исследования	Владеет методами принятия решения в соответствии с задачами проводимого исследования	Не владеет методами принятия решения в соответствии с целями и задачами проводимого исследования
ОПК-5	ОПК-5.1	Знать				
		Знает перечень систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ, области их применения (З1)	Знает полный перечень систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ, области их применения	Знает не полный перечень систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ, но знает область их применения	Знает перечень систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ, но не знает область их применения	Не знает перечень систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ и область их применения
		Уметь				
		Умеет применять системы компьютерной верстки и пакеты офисных программ для представления результатов работы и научно-исследовательской деятельности (У1)	Свободно применяет системы компьютерной верстки и пакеты офисных программ для представления результатов работы и научно-исследовательской деятельности	Умеет применять отдельные офисные программы для представления результатов работы и научно-исследовательской деятельности	Испытывает сложности при использовании систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ	Не умеет применять системы компьютерной верстки и пакеты офисных программ для представления результатов работы и научно-исследовательской деятельности

		Владеть				
ОПК-5	ОПК-5.2	Владеет опытом подготовки отчета с использованием системы компьютерной верстки и пакета офисных программ по результатам научно-исследовательской деятельности (B1)	Владеет множественным опытом подготовки отчета с использованием системы компьютерной верстки и пакета офисных программ	Владеет ограниченным опытом подготовки отчета с использованием системы компьютерной верстки и пакета офисных программ	Владеет единичным опытом подготовки отчета с использованием системы компьютерной верстки и пакета офисных программ	Не владеет опытом подготовки отчета с использованием системы компьютерной верстки и пакета офисных программ
		Знать				
		Знает правила оформления научных отчетов и презентаций (31)	В совершенстве знает правила оформления научных отчетов и презентаций	Знает правила оформления научных отчетов и презентаций, допускает ошибки	Плохо знает правила оформления научных отчетов и презентаций, допускает серьезные ошибки	Не знает правила оформления научных отчетов и презентаций
		Уметь				
		Умеет оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде научных отчетов и презентаций (У1)	Умеет оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде научных отчетов и презентаций в полном соответствии с правилами	Умеет оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде научных отчетов и презентаций с незначительным нарушением правил	Умеет оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде научных отчетов или презентаций	Не умеет оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде научных отчетов и презентаций
		Владеть				
		Владеет опытом разработки презентаций с интерактивным содержанием (B1)	Владеет множественным опытом разработки презентаций с интерактивным содержанием	Владеет ограниченным опытом разработки презентаций с интерактивным содержанием	Владеет опытом разработки презентаций без интерактивного содержания	Не владеет опытом разработки презентаций

ОПК-4	ОПК-4.1	Знать				
		Знает основы алгоритмизации и программирования на языках высокого уровня	Знает основы алгоритмизации и программирования на нескольких языках высокого уровня	Знает основы алгоритмизации и программирования на одном языке высокого уровня	Знает основы алгоритмизации	Не знает основы алгоритмизации программирования на языках высокого уровня
		Уметь				
		Умеет строить логические блок-схемы, способен описать задачу в псевдокоде	Умеет строить логические блок-схемы, способен описать задачу в псевдокоде	Умеет строить логические блок-схемы или способен описать задачу в псевдокоде	Допускает ошибки при описании задачи в блок-схеме или псевдокоде	Не умеет строить логические блок-схемы, не способен описать задачу в псевдокоде
		Владеть				
		Владеет языками программирования высокого уровня	В совершенстве владеет несколькими языками программирования	В совершенстве владеет одним языком программирования	Слабо владеет одним языком программирования, нуждается в консультации	Не владеет языками программирования высокого уровня

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины. Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие,	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Семакин И. Г., Русакова О. Л., Тарунин Е. Л., Шкарапу та А. П.	Программирование, численные методы и математическое моделирование	Учебное пособие	М.: Кнорус	2020	https://book.ru/book/932970	1

2	Проскуряков К.Н.	Ядерные энергетические установки	Учебное пособие	М.: Издательский дом МЭИ	2019	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN97853830012697.html	1
3	Колбин В. В.	Методы принятия решений	Учебное пособие	СПб.: Лань	2021	https://e.lanbook.com/book/167176	1

Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Шарифуллин В. Н.	Математическое моделирование в технике и экономике	Лаб. практикум по циклу дисциплин направлений подготовки "Прикладная математика" и "Информатика и вычислительная техника"	Казань: КГЭУ	2012		24
2	Плохотников К. Э., Волков Б. И., Задорожный С. С., Антонюк В. А., Терентьев Е. Н., Белинский А. В., Плохотников К.Э.	Методы разработки курсовых работ. Моделирование, вычисления, программирование на С/С++ и MATLAB, виртуализация, образцы лучших	Учебное пособие	М.: СОЛОН - ПРЕСС	2006		10
3	Павловская Т. А.	Программирование на языке высокого уровня Паскаль	Учебное пособие	М.: Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ"	2016	https://e.lanbook.com/book/100415	1

6.2. Информационное обеспечение

6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Электронно-библиотечная система «Лань»	https://e.lanbook.com/
2	Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»	https://ibooks.ru/
3	Электронно-библиотечная система «book.ru»	https://www.book.ru/
4	Портал "Открытое образование"	http://npoed.ru
5	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru

6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п		Адрес	Режим доступа
1	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/	по регистрации
2	Мировая цифровая библиотека	http://wdl.org	по регистрации

6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование информационно-справочных систем	Адрес	Режим доступа
1	«Гарант»	http://www.garant.ru/	по регистрации
2	«КонсультантПлюс»	http://www.consultant.ru/	по регистрации
3	ИСС «Кодекс» / «Техэксперт»	http://app.kgeu.local/Home/Apps	по регистрации

6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Способ распространения (лицензионное/свободно)	Реквизиты подтверждающих документов
1	Python v. 3.11.1	Свободное распространение	—
2	Jupyter Notebook v. 6.12.4	Свободное распространение	—

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС
Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	доска аудиторная, проектор, моноблок (1 шт.)
Практические занятия	Компьютерный класс для проведения практических занятий А-417	Специализированная учебная мебель на 25 посадочных мест, 25 компьютеров с 2-я мониторами, мультимедийный проектор.
Самостоятельная работа	Читальный зал библиотеки. Учебная аудитория	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС.

8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www.kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой

справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

9. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- формирование эстетической картины мира;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Физическое воспитание:

- формирование ответственного отношения к своему здоровью, потребности в здоровом образе жизни;

- формирование культуры безопасности жизнедеятельности;

- формирование системы мотивации к активному и здоровому образу жизни, занятиям спортом, культуры здорового питания и трезвости.

Профессионально-трудовое воспитание:

- формирование добросовестного, ответственного и творческого отношения к разным видам трудовой деятельности;

- формирование навыков высокой работоспособности и самоорганизации, умение действовать самостоятельно, мобилизовать необходимые ресурсы, правильно оценивая смысл и последствия своих действий;

Экологическое воспитание:

- формирование экологической культуры, бережного отношения к родной земле, экологической картины мира, развитие стремления беречь и охранять природу.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1	3.1	16.04.2024	Структуру дисциплины читать в новой редакции (см. ниже)	Н.Д. Чичирова	С.О. Гапоненко
2					
3					

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			6
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	2	72	72
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*		32	32
АУДИТОРНАЯ РАБОТА		32	32
Лекции		8	8
Практические (семинарские) занятия		24	24
Лабораторные работы			
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ		40	40
Проработка учебного материала		4	4
Курсовой проект			
Курсовая работа			
Подготовка к промежуточной аттестации			
Промежуточная аттестация:			3
			-

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1		10.03.2025	Данная РПД актуальна для всей специальности 14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг» (все специализации)	Н.Д. Чичирова	С.О. Гапоненко



КГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Решение инженерных задач в ядерной энергетике

Специальность: 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и
инжиниринг

Квалификация

специалист

Оценочные материалы по дисциплине «Решение инженерных задач в ядерной энергетике» – комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенции(й):

ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

ОПК-2 Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий;

ОПК-4 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения;

ОПК-5 Способен оформлять результаты работы и научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание процесса обучения по дисциплине. При текущем контроле успеваемости используются следующие оценочные средства: отчет по проекту (О), тестирование в Moodle (ТМ), автоматизированное тестирование в среде Jupyter Notebook (JNT).

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 6 семестр. Форма промежуточной аттестации зачёт.

Оценочные материалы включают задания для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, разработанные в соответствии с рабочей программой дисциплины.

1. Технологическая карта

Семестр 6

Номер раздела/ темы дисциплины	Вид СРС	Наименование оценочного средства	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения дисциплины, баллы			
				неудов-но	удов-но	хорошо	отлично
				не зачтено	зачтено		
				низкий	ниже среднего	средний	высокий
Текущий контроль успеваемости							
1	Постановка инженерных задач ядерной энергетики с участием термодинамических свойств легких и тяжелых вод	ТМ, О	ОПК-1.10-3, ОПК-2.1-3, ОПК-2.3-3, ОПК-5.1-3,У,В, ОПК-5.2-3,У	менее 8	8 - 9	9 - 11	11 - 15

2	Применение библиотеки IAPWS97 при решении задачи термодинамики в водяных и пароводяных контурах АЭС	JNT	ОПК-1.10-У, ОПК-2.1-У,В, ОПК-2.3-У,В, ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	менее 3	3 - 4	4 - 5	5 - 5
3	Решение задачи построения процесса расширения пара в тихоходной турбине блока ВВЭР-1000	JNT	ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	менее 3	3 - 4	4 - 5	5 - 5
4	Постановка инженерных задач ядерной энергетики в форме СЛАУ	ТМ, О	ОПК-1.10-3, ОПК-2.1-3, ОПК-2.3-3, ОПК-5.1-3,У,В ОПК-5.2-3,У	менее 8	8 - 9	9 - 11	11 - 15
5	Прямые и численные методы решения СЛАУ	О	ОПК-1.10-У, ОПК-2.1-У,В, ОПК-2.3-У,В, ОПК-5.1-3,У,В ОПК-5.2-3,У	менее 3	3 - 4	4 - 5	5 - 5
6	Применение библиотеки scipy.linalg для решения СЛАУ на Python	JNT	ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	менее 3	3 - 4	4 - 5	5 - 5
7	Решение задачи распределения нагрузки между генераторами энергосистемы методами относительного прироста и множителей Лагранжа	ТМ, О	ОПК-1.10-3,У,В, ОПК-1.10-3,У,В, ОПК-1.10-3,У,В, ОПК-5.1-3,У,В, ОПК-5.2-3,У	менее 8	8 - 9	9 - 11	11 - 15
8	Решение задачи оптимизации режимов энергосистемы методом последовательного квадратичного программирования	О	ОПК-1.10-У, ОПК-2.1-У,В, ОПК-2.3-У,В, ОПК-5.1-3,У,В, ОПК-5.2-3,У	менее 3	3 - 4	4 - 5	5 - 5

9	Применение библиотеки <code>scipy.optimize</code> для решения оптимизационной задачи на Python	JNT	ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	менее 3	3 - 4	4 - 5	5 - 5
10	Решение задачи минимизации критической массы ядерного топлива	JNT	ОПК-1.10-У, ОПК-2.1-У,В, ОПК-2.3-У,В, ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	менее 3	3 - 4	4 - 5	5 - 5
11	Решение задачи максимизации мощности реактора	ТМ, JNT	ОПК-1.10-3,У, ОПК-2.1-3, ОПК-2.3-3, ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	менее 7	7 - 10	10 - 11	12 - 15
12	Решение задачи оптимизации компоновки реакторов при различных способах выравнивания энерговыделения	JNT	ОПК-1.10-У, ОПК-2.1-У,В, ОПК-2.3-У,В, ОПК-4.1-3,У,В, ОПК-5.2-В	менее 3	3 - 4	4 - 5	5 - 5
Всего баллов				0 - 54	55-69	70-84	85-100

2. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Оценочные материалы
Отчет по проекту (О)	Отчет, подготовленный с использованием системы компьютерной верстки и пакета офисных программ по результатам выполнения домашнего задания	Перечень вариантов для выполнения домашнего задания, перечень требований к отчету
Тест (Т)	10 тестовых вопросов на каждый вариант (всего 100 вопросов), из них: 20% - закрытого типа, 80% - открытого типа	Комплект тестовых заданий
Автоматизированные тесты Jupyter Notebook (JNT)	Набор автоматизированных тестов, встроенных в рабочую тетрадь Jupyter Notebook	Набор Unit-тестов к 2, 3, 6, 9-12 разделам

3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Наименование оценочного средства	Отчет по проекту (О)
Представление и содержание оценочных материалов	Перечень вариантов для выполнения домашнего задания, перечень требований к отчету 1 раздел: Применение библиотеки IAPWS-97 в инженерных расчётах <i>Пример:</i> Составить алгоритм и описать в псевдокоде процесс расширения пара в одноступенчатой турбине. 2 раздел: Постановка инженерных задач ядерной энергетики в форме систем уравнений <i>Пример:</i> Составить и решить СЛАУ материально-теплового баланса тихоходной атомной турбоустановки К-1000-60/1500: 1) $G_0 \cdot (h_{в7} - h_{в6}) \cdot D_7 \cdot (h_7 - h_{др}) \cdot D_{пп2} \cdot (h_{пп2}^{др} - h_{др}^7)$ 2) $G_0 \cdot (h_{в6} - h_{в5}) \cdot D_6 \cdot (h_6 - h_{др}) \cdot D_7 \cdot (h_7 - h_{др}) \cdot D_{пп1} \cdot (h_{пп1}^{др} - h_{др}^6)$ 3) $G_0 \cdot (h_{в5} - h_{пп}) \cdot D_5 \cdot (h_5 - h_{др})$ 4) $G_0 \cdot h_{в4} \cdot D_6 \cdot h_{др} \cdot D_5 \cdot h_{др} \cdot D_{кд} \cdot h_{кд} \cdot G_{в4} \cdot h$ 5) $G_{кд} \cdot h_{в4} \cdot D_3 \cdot h_3 \cdot G_{п3} \cdot h_{в3} \cdot D_4 \cdot (h_4 - h_{др}) \cdot D_5 \cdot (h_5 - h_{др})$ 6) $G_{п3} \cdot (h_{в3} - h_{в2}) \cdot D_3 \cdot (h_3 - h_{др}) \cdot D_4 \cdot (h_4 - h_{др})$ 7) $D_{цсд} \cdot h_5 \cdot D_{с} \cdot h_{др} \cdot D_{пп} \cdot h_0$ 8) $D_{пп} \cdot (h_{пп1} - h_0) \cdot D_{пп1} \cdot (h_7 - h_{пп1}^{др})$ 9) $D_{пп} \cdot (h_{пп2} - h_{пп1}) \cdot D_{пп2} \cdot (h_0 - h_{пп2}^{др})$ 10) $D_{цсд} \cdot D_0 \cdot D_{пп2} \cdot D_7 \cdot D_{пп1} \cdot D_6 \cdot D_5 \cdot D_д$ 11) $D_{др}^7 \cdot D_7 \cdot D_{пп2}$ 12) $D_{др}^6 \cdot D_7 \cdot D_{пп2} \cdot D_{пп1} \cdot D_6$ 13) $D_{др}^4 \cdot D_5 \cdot D_4$ 14) $D_{др}^3 \cdot D_5 \cdot D_4 \cdot D_3$ 15) $G_0 \cdot D_{д} \cdot D_{с} \cdot G_{кд} \cdot D_{др}^6$ 16) $G_{кд} \cdot G_{п3} \cdot D_3 \cdot D_{др}$ 17) $D_{пп} \cdot D_{цсд} \cdot D_{с}$ 3 раздел: Математическая формулировка задачи оптимизации на примере энергосистемы с блоками АЭС <i>Пример:</i> Распределите нагрузку между генераторами энергосистемы в соответствии с диспетчерским графиком (выдаётся по вариантам) используя встроенные средства MS Excel:

Ген-ы	Тип	$P_{\min}, \text{МВт}$	$P_{\max}, \text{МВт}$	$\Delta P, \text{МВт}$	$B_{\min}, \text{м}^3/\text{МВт} \cdot \text{ч}$	$B_{\max}, \text{м}^3/\text{МВт} \cdot \text{ч}$	$\Delta B, \text{м}^3/\text{МВт} \cdot \text{ч}$	$r = \Delta B / \Delta P$
ТГ-1	ПТ-60	43	60	17	218	433	215	12,65
ТГ-2	Т-105	75	120	45	235	501	266	5,91
ТГ-3	ПТ-135	96	160	64	198	621	423	6,61
ТГ-4	ПГУ-115	77	123	46	185	395	210	4,56
ТГ-5	ПГУ-115	77	123	46	185	395	210	4,56
ТГ-6	БН-600	240	600	360	226	405	179	4,04

4 раздел: Постановка задач оптимизации физических характеристик ядерных реакторов

Пример 1:
Составить и решить СНУ динамики реактора:

$$\begin{aligned}
& \frac{dn}{dt} = \lambda_1 \Delta p \cdot A_2 \cdot \Delta p \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_1}{dt} = \lambda_1 \cdot A_1 \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_2}{dt} = \lambda_2 \cdot A_2 \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_3}{dt} = \lambda_3 \cdot A_3 \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_4}{dt} = \lambda_4 \cdot A_4 \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_5}{dt} = \lambda_5 \cdot A_5 \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_6}{dt} = \lambda_6 \cdot A_6 \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_7}{dt} = \lambda_7 \cdot A_7 \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_8}{dt} = \lambda_8 \cdot A_8 \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_9}{dt} = \lambda_9 \cdot A_9 \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{10}}{dt} = \lambda_{10} \cdot A_{10} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{11}}{dt} = \lambda_{11} \cdot A_{11} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{12}}{dt} = \lambda_{12} \cdot A_{12} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{13}}{dt} = \lambda_{13} \cdot A_{13} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{14}}{dt} = \lambda_{14} \cdot A_{14} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{15}}{dt} = \lambda_{15} \cdot A_{15} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{16}}{dt} = \lambda_{16} \cdot A_{16} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{17}}{dt} = \lambda_{17} \cdot A_{17} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{18}}{dt} = \lambda_{18} \cdot A_{18} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{19}}{dt} = \lambda_{19} \cdot A_{19} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{20}}{dt} = \lambda_{20} \cdot A_{20} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{21}}{dt} = \lambda_{21} \cdot A_{21} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{22}}{dt} = \lambda_{22} \cdot A_{22} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{23}}{dt} = \lambda_{23} \cdot A_{23} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{24}}{dt} = \lambda_{24} \cdot A_{24} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{25}}{dt} = \lambda_{25} \cdot A_{25} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{26}}{dt} = \lambda_{26} \cdot A_{26} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{27}}{dt} = \lambda_{27} \cdot A_{27} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{28}}{dt} = \lambda_{28} \cdot A_{28} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{29}}{dt} = \lambda_{29} \cdot A_{29} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{30}}{dt} = \lambda_{30} \cdot A_{30} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{31}}{dt} = \lambda_{31} \cdot A_{31} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{32}}{dt} = \lambda_{32} \cdot A_{32} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{33}}{dt} = \lambda_{33} \cdot A_{33} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{34}}{dt} = \lambda_{34} \cdot A_{34} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{35}}{dt} = \lambda_{35} \cdot A_{35} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{36}}{dt} = \lambda_{36} \cdot A_{36} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{37}}{dt} = \lambda_{37} \cdot A_{37} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{38}}{dt} = \lambda_{38} \cdot A_{38} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{39}}{dt} = \lambda_{39} \cdot A_{39} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{40}}{dt} = \lambda_{40} \cdot A_{40} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{41}}{dt} = \lambda_{41} \cdot A_{41} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{42}}{dt} = \lambda_{42} \cdot A_{42} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{43}}{dt} = \lambda_{43} \cdot A_{43} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{44}}{dt} = \lambda_{44} \cdot A_{44} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{45}}{dt} = \lambda_{45} \cdot A_{45} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{46}}{dt} = \lambda_{46} \cdot A_{46} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{47}}{dt} = \lambda_{47} \cdot A_{47} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{48}}{dt} = \lambda_{48} \cdot A_{48} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{49}}{dt} = \lambda_{49} \cdot A_{49} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{50}}{dt} = \lambda_{50} \cdot A_{50} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{51}}{dt} = \lambda_{51} \cdot A_{51} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{52}}{dt} = \lambda_{52} \cdot A_{52} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{53}}{dt} = \lambda_{53} \cdot A_{53} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{54}}{dt} = \lambda_{54} \cdot A_{54} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{55}}{dt} = \lambda_{55} \cdot A_{55} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{56}}{dt} = \lambda_{56} \cdot A_{56} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{57}}{dt} = \lambda_{57} \cdot A_{57} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{58}}{dt} = \lambda_{58} \cdot A_{58} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{59}}{dt} = \lambda_{59} \cdot A_{59} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{60}}{dt} = \lambda_{60} \cdot A_{60} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{61}}{dt} = \lambda_{61} \cdot A_{61} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{62}}{dt} = \lambda_{62} \cdot A_{62} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{63}}{dt} = \lambda_{63} \cdot A_{63} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{64}}{dt} = \lambda_{64} \cdot A_{64} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{65}}{dt} = \lambda_{65} \cdot A_{65} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{66}}{dt} = \lambda_{66} \cdot A_{66} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{67}}{dt} = \lambda_{67} \cdot A_{67} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{68}}{dt} = \lambda_{68} \cdot A_{68} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{69}}{dt} = \lambda_{69} \cdot A_{69} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{70}}{dt} = \lambda_{70} \cdot A_{70} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{71}}{dt} = \lambda_{71} \cdot A_{71} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{72}}{dt} = \lambda_{72} \cdot A_{72} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{73}}{dt} = \lambda_{73} \cdot A_{73} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{74}}{dt} = \lambda_{74} \cdot A_{74} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{75}}{dt} = \lambda_{75} \cdot A_{75} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{76}}{dt} = \lambda_{76} \cdot A_{76} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{77}}{dt} = \lambda_{77} \cdot A_{77} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{78}}{dt} = \lambda_{78} \cdot A_{78} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{79}}{dt} = \lambda_{79} \cdot A_{79} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{80}}{dt} = \lambda_{80} \cdot A_{80} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{81}}{dt} = \lambda_{81} \cdot A_{81} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{82}}{dt} = \lambda_{82} \cdot A_{82} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{83}}{dt} = \lambda_{83} \cdot A_{83} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{84}}{dt} = \lambda_{84} \cdot A_{84} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{85}}{dt} = \lambda_{85} \cdot A_{85} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{86}}{dt} = \lambda_{86} \cdot A_{86} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{87}}{dt} = \lambda_{87} \cdot A_{87} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{88}}{dt} = \lambda_{88} \cdot A_{88} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{89}}{dt} = \lambda_{89} \cdot A_{89} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{90}}{dt} = \lambda_{90} \cdot A_{90} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{91}}{dt} = \lambda_{91} \cdot A_{91} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{92}}{dt} = \lambda_{92} \cdot A_{92} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{93}}{dt} = \lambda_{93} \cdot A_{93} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{94}}{dt} = \lambda_{94} \cdot A_{94} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{95}}{dt} = \lambda_{95} \cdot A_{95} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{96}}{dt} = \lambda_{96} \cdot A_{96} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{97}}{dt} = \lambda_{97} \cdot A_{97} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{98}}{dt} = \lambda_{98} \cdot A_{98} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{99}}{dt} = \lambda_{99} \cdot A_{99} \cdot \Delta t \\
& \frac{dA_{100}}{dt} = \lambda_{100} \cdot A_{100} \cdot \Delta t
\end{aligned}$$

Пример 2:
Решить ДУ сохранения энергии для трубной системы ВВТО:

$$m_p C_p \frac{d\Theta}{dt} = \alpha_r S (\Theta_{cp} - \Theta_{tr}) \alpha \xi (\Theta_{tr} - \Theta_{xp})$$

Требования к отчету: отчет должен соответствовать требованиям ГОСТ 8.417-2002.

Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	Подготовка отчета: – отчет выполнен в полном соответствии с ГОСТ 8.417-2002, получены достоверные результаты – 5 баллов; – отчет выполнен с незначительными нарушениями ГОСТ 8.417-2002, получены достоверные результаты – 4 баллов; – отчет выполнен в полном соответствии с ГОСТ 8.417-2002, получены ошибочные результаты – 3 баллов; – отчет выполнен с незначительными нарушениями ГОСТ 8.417-2002, получены ошибочные результаты – 2 балла; – отчет не выполнен, либо выполнен с грубыми нарушениями ГОСТ 8.417-2002, получены ошибочные результаты – 0 баллов. Количество баллов: максимум – 25 (за 5 отчетов)
Наименование оценочного средства	Тест (Т)
Представление и содержание	Контрольное тестирование осуществляется после каждого лекционного занятия через платформу Moodle. Тест содержит 10 открытых вопросов

оценочных материалов	<i>Примеры тестовых вопросов:</i> 1. Какое свойство СЛАУ проверяют перед началом её численного расчёта? 2. С помощью какого множителя ограничивают область определения переменной при оптимизационных расчётах? 3. Как называется математическое выражение, устанавливающее фиксированное значение целевой функции? 4. Напишите выражение, импортирующее библиотеку для оптимизационных расчетов на python 5. Как обозначается аргумент функции <code>scipy.optimize.minimize()</code>, отвечающий за граничные условия искомых признаков? 6. Какой аргумент функции <code>scipy.optimize.Bounds()</code> отвечает за нижнее ограничение переменной? 7. С помощью какого спецсимвола фиксируется значение в ячейки Excel для последующей передачи его по значению? 8. Как обратиться к библиотеке IAPWS97 через python чтобы получить энтальпию перегретого пара? 9. Какой тип данных возвращает функция <code>scipy.optimize.minimize()</code>? 10. Как обратиться к библиотеке IAPWS97 через python чтобы получить температуру воды по давлению и энтальпии?
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	1 правильный ответ – 1 балл. Проходной балл для оценочного средства – 5. Максимальное количество баллов за тест – 10. Количество баллов: максимум – 40 (за 4 контрольных теста)
Наименование оценочного средства	Автоматизированные тесты Jupyter Notebook (JNT)
Представление и содержание оценочных материалов	Проектные задания вместе с тестами оформлены в виде рабочей тетради (Notebook) <i>Пример контрольного Unit-теста:</i> <pre>import unittest class OptimizeTestCase(unittest.TestCase): def test_minimizer(self): self.assertEqual(opt_diff_power(523), (55.128, 108.011, 113.861, 123.0, 123.0)) self.assertEqual(opt_diff_power(460), (46.864, 90.329, 98.047, 112.38, 112.38)) self.assertEqual(opt_diff_power(502), (50.972, 99.119, 105.908, 123.0, 123.0)) self.assertEqual(opt_diff_power(542), (58.888, 116.056, 121.056, 123.0, 123.0)) self.assertEqual(opt_diff_power(368), (43.0, 75.0, 96.0, 77.0, 77.0)) self.assertEqual(opt_diff_power(586), (60.0, 120.0, 160.0, 123.0, 123.0)) self.assertEqual(opt_diff_power(402), (43.0, 75.818, 96.0, 93.591, 93.591)) self.assertEqual(opt_diff_power(562), (60.0, 120.0, 136.0, 123.0, 123.0)) unittest.main(argv=[''], verbosity=2, exit=False)</pre>
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	– Пройдены все тесты, соблюдены стандарты pep8 – 5 баллов – Пройдены все тесты при дефектной архитектуре решения (использованы т.н. "костыли" для прохождения тестов и/или нарушены стандарты pep8) – 3 балла – Не пройден хотя бы один тест или отсутствует решение – 0 баллов Количество баллов: максимум – 35 (за 7 интерактивных работ)

4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Данный вид оценочных материалов не предусмотрен рабочей программой дисциплины