

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
имени Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

**Передовая инженерная школа атомного машиностроения и систем высокой
плотности энергии (ПИШ)**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ПИШ

_____ **А.В. Тумасов**

(подпись) (ф. и. о.)

27 июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**М1.В.ОД.5 «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических
установках»**

для подготовки магистров

Направление подготовки: 14.04.01 "Ядерная энергетика и теплофизика"
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: "Высокотемпературные газовые ядерные реакторные установки"
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: АТС
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: ЯРиЭУ
(аббревиатура кафедры)

Объем дисциплины: 180/5
(часов/з.е.)

Промежуточная аттестация: Экзамен
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Разработчик(и): Добров А.А.
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2023 год

Рецензент: Головки В.Ф., д.т.н., профессор кафедры АТС
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

(подпись)

29 мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины М1.В.ОД.5 «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 27.03.2018 г. № 214 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол №22 от 25.05.2023 г.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры разработчика программы протокол от 30.05.2023 г. № 8

Зав. кафедрой, *д.т.н., профессор, Андреев В.В* _____
подпись

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИЯЭиТФ, где реализуется данная программа,
протокол от 20.06.2023 г. № 23

Председатель УМС, директор ИЯЭиТФ _____ М.А. Легчанов

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 14.04.01-в-13
Начальник МО _____ Н.Р. Булгакова

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....	18
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	18
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	21
РЕЦЕНЗИЯ	25

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины является:

- формирования знаний по основным методикам численного моделирования процессов в тепломеханическом оборудовании энергетических установок.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- сформировать общее представление о методологических принципах численного моделирования процессов в рабочих средах
- научить студента умению использовать теоретические положения и прикладное программное обеспечение в процессе проектирования основных элементов тепломеханического оборудования энергетических установок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) М1.В.ОД.5 «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Изучение дисциплины осуществляется на 1-м курсе во 2-м семестре. В рамках данной дисциплины частично формируются компетенции ПК-3, ПК-4, ПК-5. Кроме дисциплины «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» в формировании компетенций ПК-3, ПК-4 и ПК-5 параллельно участвуют дисциплины: «Ядерные энергетические установки с модульными ВТГР», «Инновационные подходы в проектировании и конструировании реакторов АЭС», «Специальные главы проектирования турбомашин для реакторных установок», «Специальные главы конструирования ядерных установок».

Студенты в процессе изучения дисциплины «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» получают необходимые знания в области методических основ проведения численного эксперимента с применением современных программ имитационного моделирования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья РПД разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Все это является основой для дальнейшей подготовки студента как высококвалифицированного специалиста в области высокотемпературных газовых ядерных реакторных установок.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Этапы формирования компетенций

В результате освоения дисциплины «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» у обучающегося частично формируются компетенции ПК-3, ПК-4 и ПК-5, полное формирование которых последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблица 1).

Таблица 1 - Формирование компетенции ПК-3, ПК-4, ПК-5

Код компетенции	Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками			
		1 сем.	2 сем.	3 сем.	4 сем.
ПК-3	Специальные главы конструирования ядерных установок				
	Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках				
	Ядерные энергетические установки с модульными ВТГР				
	Инновационные подходы в проектировании и конструировании реакторов АЭС				
	Специальные главы проектирования турбомашин для реакторных установок				
	Проектная практика				
	Преддипломная практика				
ПК-4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				
	Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках				
	Научно-исследовательская работа				
	Научно-исследовательская работа				
ПК-5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				
	Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках				
	Ядерные энергетические установки с модульными ВТГР				
	Научно-исследовательская работа				
	Научно-исследовательская работа				

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Профессиональные компетенции ПК-3, ПК-4, ПК-5 формируется с приобретением знаний, умений и навыков, сформулированных в дескрипторах достижения этих компетенций и с которыми обучающийся готов выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2).

Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
		Знать	Уметь	Владеть	Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПК-3. Способен владеть методами моделирования высокотемпературных теплогидравлических процессов в конкретных технических системах, проводить выбор стандартного и проектировать новое оборудование с использованием пакетов прикладных программ и элементов систем автоматизированного проектирования	ИПК-3.1. Владеет методами построения моделей исследуемых процессов, явлений и объектов ИПК-3.3. Использует современные пакеты прикладных программ и элементы систем автоматизированного проектирования в профессиональной деятельности	Алгоритм и методы решения современных инженерных задач в области гидродинамики и теплообмена в конструкциях энергетического оборудования АЭС на основе их физико-математических моделей.	Готовить исходные данные для физико-математических моделей процессов гидродинамики и теплообмена.	Навыки использования программных комплексов для численного анализа процессов гидродинамики и теплообмена в элементах энергетического оборудования АЭС.	Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов (оценка по критерию 1 и 2)	Перечень контрольных вопросов

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
		Знать	Уметь	Владеть	Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПК-4. Готов разрабатывать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	ИПК-4.1. Проводит анализ и теоретическое обобщение результатов научного исследования ИПК-4.2. Имеет представление о структуре технической документации для внедрения результатов научно-исследовательских работ	Принципы и модели, заложенные в программы трехмерного моделирования.	Формулировать предложения и рекомендации по совершенствованию или дополнению использования существующих принципов и моделей, заложенных в программы трехмерного моделирования.	Навыками применения стандартных моделей проведения трехмерного моделирования с использованием результатов научных исследований.	Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов (оценка по критерию 1 и 2)	Перечень контрольных вопросов
ПК-5. Способен использовать технологии 3D-моделирования при исследовании процессов тепломассопереноса для обоснования конструктивных решений в элементах энергетического оборудования	ИПК-5.1. Применяет современные технологии 3D-моделирования при исследовании процессов тепломассопереноса	Основы 3D-моделирования и создания 3D-моделей процессов гидродинамики и тепломассопереноса	Создавать трехмерные модели процессов гидродинамики и тепломассопереноса в элементах энергетического оборудования	Методами исследования процессов гидродинамики и тепломассопереноса с использованием технологии 3D-моделирования	Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов (оценка по критерию 1 и 2)	Перечень контрольных вопросов

Освоение дисциплины причастно к освоению ТФ В/02.7 «Контроль обеспечения ядерной, радиационной, технической, пожарной безопасности, требований охраны труда при работе со свежим и отработавшим ядерным топливом в процессе производства электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (ПС 24.028 «Специалист ядерно-физической лаборатории в области атомной энергетики»), решает следующую профессиональную задачу:

- Разработка новых методов исследования высокотемпературных процессов на основе современных методик, учитывающих отечественный и мировой уровень развития соответствующих научных направлений;
- Подготовка заданий на разработку проектных решений;

- Разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности и неопределенности, планирование реализации проекта;
- 3D-моделирование теплофизических процессов и расчетное обоснование конструктивных решений в элементах энергетического оборудования.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (з.е.) или 180 академических часов, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем - 76 часов, самостоятельная работа обучающихся - 68 часов (таблица 3).

Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоемкость, ч/з.е.	
	Всего	в том числе во 2семестре
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоемкость, ч/з.е.	180/5	180/5
1. Контактная работа:	76	76
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	68	68
Занятия лекционного типа (Л)	34	34
Занятия семинарского типа (ПЗ)	34	34
1.2. Внеаудиторная работа, в том числе:	8	8
Консультации по дисциплине	2	2
Курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	6	6
2.Самостоятельная работа студентов, в том числе:	68	68
Проработка источников информации (повторение пройденного материала, изучение и конспектирование рекомендованной литературы)	11	11
Подготовка к практическим занятиям	11	11
Подготовка к экзамену	10	10
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	36	36
3.Контроль	36	36

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тематический план освоения дисциплины по видам учебной деятельности приведен в таблице 4. Здесь указано структурное распределение объемов (в часах) разделов и тем дисциплины по видам учебной работы, аудиторных и внеаудиторных занятий, самостоятельной работы студента и периодического (текущего) контроля.

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения и индикаторы достижения компетенций	№ раздела	Наименование разделов	Содержание темы (перечисление дидактических единиц – на усмотрение составителя РУП)	Виды учебной работы, ч					
				Контактная работа				Самостоятель ная работа студентов	Контроль
				Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Контроль самостоятельной работы		
ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.3 ПК-4 ИПК-4.1 ИПК-4.2 ПК-5 ИПК5.1	1	Методы научных исследований в области техники	Тема 1.1. Методы научных исследований в области техники. Классификация методов исследования.	4	-	4	1	8	4
	2	Основы вычислительного теплообмена и гидродинамики	Тема 2.1. Уравнения механики жидкости и газа.	6	-	6	-	12	6
			Тема 2.2. Основные методы численного решения уравнений гидродинамики и теплообмена	4	-	4	-	8	4
			Тема 2.3. Метод конечных объемов. Расчетные сетки	4	-	4	-	8	4
			Тема 2.4. Граничные условия	4	-	4	4	8	4
	3	Турбулентность: проблемы моделирования и подходы к решению	Тема 3.1. RANS модели турбулентности	4	-	4	-	8	4
			Тема 3.2. LES модели турбулентности	4	-	4	-	8	4
	4	Анализ результатов численного моделирования	Тема 4.1. Валидация и верификация решения	2	-	2	-	4	2
			Тема 4.2. Рекомендации по оценке корректности полученного решения	2	-	2	4	4	4
	ИТОГО:				34	-	34	8	68

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Типовые контрольные вопросы и задания, необходимые для оценки знаний, умений и навыков или опыта деятельности

Таблица 5 – Перечни контрольных вопросов и заданий по темам занятий для проведения текущего контроля успеваемости

Номер темы		Перечни контрольных вопросов и заданий
цикла лекций	практических занятий	
1	-	Теоретическое исследование физического явления: путь исследования, преимущества и недостатки. Классификация методов исследований Роль математической модели в моделировании технических устройств и процессов Математическая формулировка задачи. Сущность метода анализа размерностей. π -теорема Моделирование технических устройств и процессов. Константы подобия
2	-	Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости Уравнение неразрывности Уравнение энергии для вязкой теплопроводной несжимаемой жидкости Метод SIMPLE решения системы уравнений движения и давления Основы метода контрольных объемов Типы сеточных элементов Моделирование пристенных течений Типы граничных условий
3	-	Подходы к моделированию турбулентных течений Однопараметрические модели турбулентности k-epsilon модель турбулентности k-omega модель турбулентности SST- модель турбулентности Модели рейнольдсовых напряжений LES-модель Смагоринского
4	-	Понятия валидации и верификации Исследование сеточной сходимости Оценка погрешности расчета

Таблица 6 – Перечень контрольных вопросов для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

№ п/п	Контрольные вопросы для проведения зачета
1.	Теоретическое исследование физического явления: путь исследования, преимущества и недостатки.
2.	Классификация методов исследований
3.	Роль математической модели в моделировании технических устройств и процессов
4.	Математическая формулировка задачи.
5.	Сущность метода анализа размерностей. π -теорема
6.	Моделирование технических устройств и процессов. Константы подобия
7.	Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости
8.	Уравнение неразрывности
9.	Уравнение энергии для вязкой теплопроводной несжимаемой жидкости
10.	Метод SIMPLE решения системы уравнений движения и давления

	Основы метода контрольных объемов
	Типы сеточных элементов
	Моделирование пристенных течений
	Типы граничных условий
	Подходы к моделированию турбулентных течений
	Однопараметрические модели турбулентности
	k-epsilon модель турбулентности
	k-omega модель турбулентности
	SST- модель турбулентности
	Модели рейнольдсовых напряжений
	LES-модель Смагоринского
	Понятия валидации и верификации
	Исследование сеточной сходимости
	Оценка погрешности расчета

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Процедуры оценивания формируемых компетенций определяют следующие нормативные документы, разработанные в НГТУ и к которым возможен доступ на сайте учебно-методического управления <https://www.nntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/uchebno-metodicheskoe-upravlenie> по вкладке «Нормативные документы и локальные акты по обеспечению образовательного процесса НГТУ»:

Положение о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18).

В результате изучения дисциплины «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» обучающиеся должны приобрести знания, умения и навыки, сформулированные в дескрипторах достижения профессиональных компетенций ПК-3, ПК-4, ПК-5 и с которой они готовы выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2). Оценивание формируемых компетенций ПК-3, ПК-4, ПК-5 в процессе текущего контроля знаний осуществляется по критериям и показателям, приведенным в таблице 7.

Таблица 7 – Критерии, показатели и шкала оценивания формируемых компетенций в процессе текущего контроля знаний

Коды		Виды и номера тем занятий	Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенций			
компетенций	индикаторов достижения компетенций			«Отлично»	«Хорошо»	«Удовлетворительно»	«Неудовлетворительно»
ПК-3 ПК-4 ПК-5	ИПК-3.2 ИПК-5.1	Семинары по всем темам	<u>Критерий 1</u> Полнота и убедительность ответа или доклада, в том числе и дополнений к ним	Студент полно, логично и без недочетов излагает в своем ответе на вопрос или докладе материал, абсолютно соответствующий темам по плану семинара	Студент излагает материал ответа на вопрос или доклада, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для отметки «5», но допускает 1–2 недочета в последовательности изложения	Студент излагает материал ответа на вопрос или доклада, неполно и непоследовательно, допускает ряд недочетов в изложении и несоответствий темам по плану семинара	Студент беспорядочно и неуверенно излагает в своем ответе на вопрос или докладе материал, абсолютно не соответствующий темам по плану семинара, а также отказывается от выступления или доклада
			<u>Критерий 2</u> Степень понимания изученного материала	Студент обнаруживает глубокое понимание излагаемого материала, может обосновать свои суждения, применить знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников	Студент обнаруживает правильное понимание излагаемого материала, может обосновать свои суждения, применить знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников, но допускает 1–2 негрубые ошибки, которые сам же исправляет	Студент обнаруживает поверхностное понимание излагаемого материала, имеет примитивные знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников, допускает ряд негрубых ошибок, которые сам не может исправить	Студент обнаруживает незнание большей части соответствующего материала ответа на вопрос или доклада по плану семинара, допускает грубые ошибки, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению дескрипторами достижения компетенций ПК-3, ПК-4, ПК-5

В соответствии с пунктом 4.11 Положения о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18) по итогам текущего контроля по дисциплине в семестре преподаватель решает вопрос о возможности прохождения студентом промежуточной аттестации по дисциплине. Обучающиеся, не выполнившие минимальные требования по рабочей программе дисциплины (РПД) и имеющие до 50% пропусков занятий, получают оценку «неудовлетворительно» («не зачтено») по данной дисциплине.

В соответствии с пунктом 5.9 Положения о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18) во время последней учебной недели проводится зачет со студентами, отнесенными преподавателем к первой категории, т.е. выполнившими минимальные требования по РПД и имеющими менее 50% пропусков занятий (лекций и практических занятий). Студенты, отнесенные ко второй категории, т.е. не выполнившие минимальные требования по РПД и имеющие до 50% и более пропусков занятий (лекций и практических занятий), к зачету не допускаются и получают академическую задолженность по данной дисциплине.

Для выполнения минимальных требований по изучению дисциплины обучающиеся должны иметь только положительные оценки по текущему контролю их знаний на всех занятиях, на которых они присутствовали и выступали с докладами или сообщениями на практических семинарах, включая обязательное присутствие на коллоквиуме.

В соответствии с пунктом 5.10 того же Положения – наиболее успешно обучающимся по дисциплине студентам преподаватель может поставить зачет без опроса (по итогам текущего контроля знаний).

Оценивание формируемых компетенций и по зачету в целом осуществляется по шкале оценивания, представленной в таблице 8.

Таблица 8 – Шкала оценивания формируемых компетенций в процессе промежуточной аттестации

Компетенции	Уровень усвоения	Описание шкалы оценивания на экзамене
ПК-3 ПК-4 ПК-5	Высокий уровень «5» (отлично)	Оценку «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всесторонние систематические и глубокие знания материалов изученной дисциплины, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
	Средний уровень «4» (хорошо)	Оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
	Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	Оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
	Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	Оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

5.3 Список тем курсовых работ

Таблица 9 – Примерный перечень тем курсовых работ

№ п/п	Наименование темы
1.	Получение уравнений подобия гидравлики и теплоотдачи при продольном течении теплоносителя в пучке витых труб овального профиля (ГОСТ 8642-68)
2.	Расчетное определение коэффициента теплоотдачи при течении воды в теплообменной трубе с ленточным завихрителем
3.	Параметрический расчет гидравлической характеристики шарового крана Ду40 в зависимости от поворота рабочего органа
4.	Расчетное определение эффективности теплоотдачи при продольном обтекании теплообменных труб квадратной упаковки за счет установки решетки-интенсификатора

Таблица 10 – Шкала оценивания курсовых работ

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения на зачете	
	Знаниевая компонента	Деятельностная компонента
Неудовлет- ворительно	Обучающийся не в состоянии продемонстрировать знания теоретического материала, не может защитить свои решения, допускает грубые ошибки при ответах на вопросы или не отвечает на них.	Обучающийся выполнил курсовую работу, который не соответствует поставленной ему теме. ИЛИ Обучающийся выполнил курсовую работу не более чем на 50% ИЛИ Обучающийся выполнил курсовую работу, но без проработки некоторых разделов, при этом допущено множество грубых ошибок
Удовлет- ворительно	Обучающийся усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически. На вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, умение анализировать, аргументировать свою точку зрения, делать обобщение и выводы вызывают у него затруднения.	Обучающийся выполнил курсовую работу в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов. ИЛИ Обучающийся выполнил курсовую работу в полном объеме. Проект характеризуется неплохой глубиной проработки, однако, в расчете была допущена грубая ошибка.
Хорошо	Обучающийся владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя. На большинство вопросов дает правильные ответы, однако умение анализировать, аргументировать свою точку зрения, делать обобщения и выводы вызывают у него затруднения. Материал не всегда излагается логично, последовательно.	Обучающийся выполнил курсовую работу в полном объеме. Проект характеризуется глубиной проработки всех разделов содержательной части. Имеются недочеты в оформлении курсовой работы.
Отлично	Обучающийся свободно владеет теоретическим материалов, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании. На все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, демонстрирует умение анализировать данные, убедительно защищает свою точку зрения. Материал излагается грамотно, логично, последовательно.	Обучающийся выполнил курсовую работу в полном объеме. Проект характеризуется глубиной проработки всех разделов содержательной части. Оформление отвечает требованиям написания курсовой работы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература, печатные и электронные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными и электронными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Таблица 11 – Список учебной литературы, печатных и электронных изданий

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Козелков А.С. Математические модели и алгоритмы для имитационного моделирования задач гидродинамики и аэродинамики :Учеб.пособие / А. С. Козелков [и др.] ; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород : [Б.и.], 2014. - 164 с. : ил. - Библиогр.в конце гл. - ISBN 978-5-502-00491-6.	20
	П.Л. Кириллов и др. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике в 3-х томах; под общ. ред. П.Л. Кириллова. – М.: ИздАт, 2010. – 776 с. (т. 1); 2013. – 688 с. (т. 2); 2014. – 688 с. (т.3).	12 (т.1) 17 (т.2) 28 (т.3)
2. Дополнительная литература		
	Герасимов Б.И. Основы научных исследований :Учеб.пособие / Б. И. Герасимов [и др.]. - М. : ФОРУМ, 2009. - 272 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.:с.254-256. - Прил.:с.257-267. - ISBN 978-5-91134-340-8.	8
	Кириллов П.Л. Тепломассообмен в ядерных энергетических установках :Учеб.пособие / П. Л. Кириллов, Г. П. Богословская. - 2-е изд.,перераб. - М. :ИздАТ, 2008. - 256 с. : ил. - Библиогр.:с.250. - ISBN 978-5-86656-210-7.	20
	Шкляр М.Ф. Основы научных исследований :Учеб.пособие / М. Ф. Шкляр. - 2-е изд. - М.: Дашков и К°, 2008. - 244 с. - Библиогр.:с.242-243. - Прил.:с.213-241. - ISBN 978-5-91131-918-2.	10
	Назмеев Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС :Учеб.пособие / Ю. Г. Назмеев, В. М. Лавыгин. - 3-е изд.,стер. - М. : Изд-во МЭИ, 2005. - 260 с. : ил. - Библиогр.:с.259-260. - ISBN 5-7046-1320-9.	40
	Демидович Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения :Учеб.пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова ; Под ред.Б.П.Демидовича. - 4-е изд.,стер. - СПб. : Лань, 2008. - 400 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.в конце гл. - ISBN 978-5-8114-0799-6.	30

6.2 Справочно-библиографическая и научная литература

Таблица 12 – Список справочно-библиографической и научной литературы

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц), наименование периодического издания, сайт издания или издательства, страница информационного сайта	Количество экземпляров в библиотеке или периодичность выпусков
1. Справочно-библиографическая литература		
1.	П.Л. Кириллов и др. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике в 3-х томах. Т. 1; под общ. ред. П.Л. Кириллова. – М.: ИздАт, 2010. – 776 с.	12
2.	П.Л. Кириллов и др. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике в 3-х томах. Т. 2; под общ. ред. П.Л. Кириллова. – М.: ИздАт, 2013. – 688 с.	17
3.	П.Л. Кириллов и др. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике в 3-х томах. Т. 3; под общ. ред. П.Л. Кириллова. – М.: ИздАт, 2014. – 688 с.	28
4.	В.П. Бобков, А.И. Блохин, В.Н. Румянцев, В.А. Соловьев, В.П. Тарасиков. Справочник по свойствам материалов для перспективных реакторных технологий. Том 3. Свойства поглотителей нейтронов. Книга 1. Поглощающие материалы на основе бора и его соединений; под общ. ред. В.М. Поплавского. – М.: ИздАТ, 2013. – 632 с.	9

№ п/ п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц), наименование периодического издания, сайт издания или издательства, страница информационного сайта	Количество экземпляров в библиотеке или периодичность выпусков
2. Научная литература		
5.	«Атомная энергия». Научно-технический журнал. – М.: НКО «Редакция журнала «Атомная энергия» (Scopus, WebofScience, перечни ВАК и РИНЦ): <i>j-atomicenergy.ru</i>	5.
6.	«Вопросы атомной науки и техники. Серия: Термоядерный синтез». Научно-технический журнал. – М.: НИЦ «Курчатовский институт» (Scopus, WebofScience, перечни ВАК и РИНЦ): <i>http://vant.iterru.ru/vant.html</i>	6.
7.	«Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов». Научно-технический журнал. – М.: НИЦ «Курчатовский институт» (Scopus, WebofScience, ScienceCitationIndex, INISAtomindex, перечни ВАК и РИНЦ): <i>http://nrcki.ru/catalog/index.shtml?g_show=37331</i>	5 раз в год
8.	«Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика». Научно-технический журнал. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ (Ulrich'sPeriodicalDirectory, перечни ВАК и РИНЦ): <i>https://nuclear-power-engineering.ru</i>	4 раза в год

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

В помощь участникам образовательного процесса (преподавателям и студентам) в НГТУ разработаны следующие учебно-методические документы:

1) Е.Г. Ивашкин, Жукова Л.П. Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования: Учебное пособие / Е.Г. Ивашкин, Л.П. Жукова; НГТУ. – Нижний Новгород, 2014. – 80 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);

2) Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г. Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения: Учебное пособие / Т.И. Ермакова, Е.Г. Ивашкин; НГТУ. – Нижний Новгород, 2013. – 158 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);

3) Жукова Л.П. Методические рекомендации по организации аудиторной работы / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 63 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ);

4) Ермакова Т.И. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 35 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ).

Указанные материалы размещены в электронном виде на сайте учебно-методического управления в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ».

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента для выполнения следующих задач:

- оформление результатов выполнения заданий на практических занятиях;
- демонстрация дидактических материалов с использованием мультимедийных технологий;
- использование электронной образовательной среды университета;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты.

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Сайт научно-технической библиотеки (НТБ):

- главная страница НТБ: <https://www.nntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/nauchno-tehnicheskaya-biblioteka/resursy>;
- электронная библиотека НГТУ: <https://library.nntu.ru/megapro/web>;
- библиотека электронных учебников: <http://fdp.nntu.ru/книжная-полка/>.

На странице «Ресурсы» сайта НТБ по соответствующим вкладкам возможен доступ к необходимым ресурсам на следующих страницах:

- «Электронная библиотека» по вкладке «Электронный каталог НГТУ»;
- «Книжная полка» по вкладке «Библиотека электронных учебников»;
- «Электронно-библиотечная система «Лань» по вкладке «ЭБС «Лань»;
- «ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА - Студенческая электронная библиотека» по вкладке «ЭБС «Консультант студента»;
- «ЮРАЙТ – образовательная платформа» по вкладке «ЭБС «Юрайт».

Кроме того, со страницы «Ресурсы» сайта НТБ возможен доступ к информационно-аналитическим платформам с информацией о ведущих международных научных публикациях Web of Science и Scopus, а также к реферативным журналам, выбранным из баз данных Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) и выписываемым НТБ.

С компьютеров специализированных аудиторий НТБ (ауд. 2201, 2210, 6162) возможен доступ к внешним ресурсам:

- профессиональным справочным системам «Кодекс», «Гарант», «КонсультантПлюс», «Техэксперт»;
- Федеральному информационному фонду стандартов ФГУП «Стандартинформ».

С компьютеров сети НГТУ возможен доступ к базам данных, журналам и коллекциям электронных книг таких зарубежных издательств, как:

- платформа НЭИКОН, включающая 10 издательств;
- Elsevier (журналы Freedom Collection);
- Springer Nature (журналы и коллекции электронных книг);
- Wiley (полнотекстовая коллекция журналов);
- Questel (база данных патентного поиска Orbit Intelligence Premium).

В свободном доступе находятся:

- научная электронная библиотека ELIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>;
- научная электронная библиотека «Кибер Ленинка»: <https://cyberleninka.ru/journal>;
- электронно-библиотечная система издательства «Наука»: <https://www.libnauka.ru/>
- информационная система доступа к каталогам библиотек сферы образования и науки ЭКБСОН: <http://www.vlibrary.ru/>.

7.2. Перечень программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется программное обеспечение, указанное в таблице 14 раздела 9 настоящей РПД.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 13 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. Информация размещена в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации»: <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>.

Таблица 13 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№ п/п	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1.	ЭБС «Консультант студента»	Озвучка книг и увеличение шрифта
2.	ЭБС «Лань»	Специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3.	ЭБС «Юрайт»	Версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебный процесс по данной дисциплине обеспечен современным аудиторным и лабораторным фондом. В процессе проведения аудиторных и самостоятельных занятий преподаватели и студенты имеют возможность доступа к информационно-коммуникационной сети «Интернет», как на территории НГТУ, так и вне ее.

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» могут быть использованы материально-техническая база и программное обеспечение, представленные таблице 14.

Таблица 14 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№ п/п	Номера и наименования аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1.	№ 5201 Мультимедийная аудитория для проведения лекционных и практических занятий	1. Доска меловая - 1 шт. 2. Ноутбук HP Intel® Core™ i3-5005U CPU @ 2.00GHz 2.00 GHz 8 Gb - 1 шт. 3. Мультимедийный проектор потолочный Epson EB-X500 - 1 шт. 4. Экран - 1 шт. 5. Рабочее место студента - 50	1. Windows 10 Pro для учебных заведений (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18); 2. MS Office 2010 MS Open License, 60853088, Academic; 3. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23 до 28.05.24) 4. Распространяемое по свободной лицензии: - OpenOffice.org 2.3.0 Professional, Sun Microsystems Inc. - Google Chrome, версия 49.0.2623.87, бесплатное ПО. - Adobe Acrobat Reader DC-Russian.

2.	Бокс (СОП) Экспериментальная лаборатория «Моделирование гидродинамики высокотемпературных газовых реакторов»	Компактный суперкомпьютер Cray CX1 с оперативной памятью 384 Гб и производительностью 10^{12} операций в секунду. Высоконапорный аэродинамический стенд Стенд исследования перемешивания неизотермических потоков газа в нижнем собирающем коллекторе высокотемпературный газовых реакторов 3D-принтеры DESIGNERPRO250	Комплекс CFD-программ (ЛОГОС-Тепло, ЛОГОС-Аэро-гидро)
3.	№5214 Информационно образовательный центр	- Доска меловая; ПЭВМ – 14 шт. IRU на базе Intel(R) Core(TM) i5 11400 2,6 GHz, 16 Гб ОЗУ, 480 SSD, РФ	Microsoft Windows 10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18) Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.2023) Astra Linux (Orel) 2.12.432; P7 Офис (с/н 5260001439) Visual Studio 2010 (подписка MSDN AA Developer Original Membership, ID: 700493608, бессрочная); Adobe Acrobat Reader DC, версия 2015.010.20060, //get.adobe.com/reader, бесплатное ПО; Google Chrome, версия 49.0.2623.87, бесплатное ПО; • MATLAB, версия R2008a, бесплатное ПО.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Основными элементами структуры аудиторной работы по дисциплине являются:

- виды аудиторной работы;
- формы аудиторной работы, включающие формы ее выполнения, формы представления ее результатов и формы контроля уровня освоения компетенций ПК-3, ПК-4 и ПК-5.

Основными видами аудиторной работы студентов по данной дисциплине являются:

- работа на лекциях;
- выполнение практических заданий;
- работа на семинарах и коллоквиуме.

Формами выполнения видов аудиторной работы являются:

- лекции;
- практические занятия (семинары, коллоквиум, работа в малых группах);
- консультации.

Результаты аудиторной работы представляются в следующих основных формах:

- конспекты;
- рабочие материалы;
- доклады на семинарах, тезисы выступлений.

Уровень развития компетенций ПК-3, ПК-4 и ПК-5 в результате выполнения определенных видов работы оценивается:

- на контрольном опросе по пройденному материалу (знать);
- по результатам выполнения заданий на практических занятиях и коллоквиуме (уметь, владеть);
- при обсуждении докладов и выступлений на семинарах (знать, уметь).

Функциональные свойства форм аудиторной работы определены свойствами применяемых технологий, обеспечивающих изучение и освоение объема содержания дисциплины, отнесенного к определенной форме.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих образовательных технологий:

- на лекционных занятиях - проблемные лекции;
- на семинарских занятиях - семинары – диалоги;
- на практических занятиях – работа в малых группах, коллоквиумы.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлен зачет по промежуточной аттестации в соответствии с разделом 5.2 настоящей РПД.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 14). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

10.5. Методические указания для выполнения курсовой работы

Выполнение курсовой работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине, способствует формированию у обучающихся готовности к самостоятельной профессиональной деятельности, является этапом к выполнению выпускной квалификационной работы.

Примерный перечень тем курсовых работ

1. Получение уравнений подобия гидравлики и теплоотдачи при продольном течении теплоносителя в пучке витых труб овального профиля (ГОСТ 8642-68)
2. Расчетное определение коэффициента теплоотдачи при течении воды в теплообменной трубе с ленточным завихрителем

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая:

- контроль по темам лекционных занятий,
- решение практических задач,
- решение индивидуальных практических заданий.

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПК-3: ИПК-3.1., ИПК-3.3.):

1. Роль математической модели в моделировании технических устройств и процессов
2. Исследование сеточной сходимости
3. Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости
4. Уравнение неразрывности
5. Уравнение энергии для вязкой теплопроводной несжимаемой жидкости
6. Сущность метода анализа размерностей. π -теорема
7. Типы граничных условий
8. Метод SIMPLE решения системы уравнений движения и давления

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПК-4: ИПК-4.1., ИПК-4.2.):

1. Теоретическое исследование физического явления: путь исследования, преимущества и недостатки.
2. Классификация методов исследований
3. Понятия валидации и верификации
4. Оценка погрешности расчета
5. Математическая формулировка задачи.
6. Типы сеточных элементов
7. Моделирование технических устройств и процессов. Константы подобия
8. Подходы к моделированию турбулентных течений

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПК-5: ИПК-5.1.):

1. Однопараметрические модели турбулентности
2. k - ϵ модель турбулентности
3. k - ω модель турбулентности
4. SST- модель турбулентности
5. Модели рейнольдсовых напряжений
6. LES-модель Смагоринского
7. Моделирование пристенных течений
8. Основы метода контрольных объемов

Пример оформления экзаменационного билета

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
имени Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Передовая инженерная школа атомного машиностроения
и систем высокой плотности энергии (ПИШ)

Кафедра Ядерные реакторы и энергетические установки

Дисциплина Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических
установках

БИЛЕТ № 1

1. Уравнение неразрывности.
2. Оценка погрешности расчета.

Зав. кафедрой ЯРиЭУ

«_____» _____ 2023 г.

Весь комплект экзаменационных билетов по дисциплине «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» хранится на кафедре «Ядерные реакторы и энергетические установки» в соответствии с утвержденной номенклатурой дел.

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках», реализуемую по основной образовательной программе высшего образования "Высокотемпературные газовые ядерные реакторные установки "

по направлению подготовки 14.04.01 "Ядерная энергетика и теплофизика " (квалификация выпускника «магистр»), разработанную кафедрой «Ядерные реакторы и энергетические установки» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Учебная дисциплина «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» представляет собой курс, в ходе изучения которого у студентов формируются профессиональные компетенции ПК-3, ПК-4, ПК-5, прописанные в учебном плане по направлению подготовки 14.04.01 " Ядерная энергетика и теплофизика ". При этом указаны требования к знаниям, умениям и навыкам, полученным в ходе изучения дисциплины, по каждой из формируемых компетенций.

Цели освоения дисциплины, соотносятся с общими целями ОП ВО по направлению подготовки 14.04.01 " Ядерная энергетика и теплофизика ". В рабочей программе дано описание логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ОП ВО (дисциплинами и практиками), представлены междисциплинарные связи с другими теоретическими и практико-ориентированными дисциплинами ОП ВО, к которым относятся «Ядерные энергетические установки с модульными ВТГР», «Инновационные подходы в проектировании и конструировании реакторов АЭС», «Специальные главы проектирования турбомашин для реакторных установок», «Специальные главы конструирования ядерных установок».

В процессе изучения учебной дисциплины «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» студенты продолжают осваивать указанные профессиональные компетенции, формирование которых начинается на проектной, а завершается на преддипломной практике.

Тематический план изучения дисциплины «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках», образовательные технологии, оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, перечень основной и дополнительной литературы, программного обеспечения и Интернет-ресурсы, а также материально-техническое обеспечение способствуют планомерному и качественному освоению всех указанных в плане дидактических единиц. К достоинствам рабочей программы можно отнести то, что в план дисциплины включены темы, раскрывающие сущность актуальных на сегодняшний день проблем атомного машиностроения. Рецензируемая рабочая программа дисциплины «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» представлена на официальном сайте вуза, отвечает нормативным требованиям федерального и локального уровня и полностью соответствует компетентностно-квалификационной характеристике выпускника указанной ОП ВО.

Наибольшую значимость для студентов придаст привлечение к преподаванию данной учебной дисциплины представителей АО «ОКБМ Африкантов», являющимся крупным научно-производственным центром атомного машиностроения, располагающим многопрофильным конструкторским коллективом, собственной исследовательской, экспериментальной и производственной базой.

Рецензент, Головкин В.Ф., д.т.н., профессор кафедры АТС

«___» _____ 2023 г 25