

**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  
25 марта 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**M1.B.OД.5 «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках»**  
**для подготовки магистров**

Направление подготовки: 14.04.02 «Ядерные физика и технологии»  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: Ядерное топливо и основное оборудование высокотемпературных газовых реакторов  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

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

Год начала подготовки: 2025

Выпускающая кафедра: ЯРиЭУ  
(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, 2025 год

Рецензент: Солнцев Д.Н., к.т.н., доцент кафедры АТС  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание) \_\_\_\_\_  
(подпись)

10 марта 2025 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 14.04.02 «Ядерные физика и технологии», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 28.02.2018 № 152 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол № 7 от 19.12.2024 г.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры разработчика программы  
протокол № 6 от 11.03.2025 г.

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

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИЯЭиТФ, где реализуется данная  
программа, протокол № 1 от 19.03.2025 г.

Председатель УМС, директор ИЯЭиТФ \_\_\_\_\_ М.А. Легчанов

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 14.04.02-в-13  
Начальник МО \_\_\_\_\_ Е.Г. Севрюкова

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	Ошибка! Закладка не определена.
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	Ошибка! Закладка не определена.
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	20
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	22
РЕЦЕНЗИЯ	Ошибка! Закладка не определена.

# **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **1.1. Целью освоения дисциплины является:**

- Формирование 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-5. Кроме дисциплины «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» в формировании компетенций ПК-3 и ПК-5 параллельно участвует дисциплина: «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла».

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 реакторов.

### 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-5 полное формирование которых последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблица 1).

**Таблица 1 - Формирование компетенции ПК-3, 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	Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках				
	Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла				
	Ознакомительная практика				
	Проектная практика				
	Научно-исследовательская работа				
	Научно-исследовательская работа				
ПК-5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				
	Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках				
	Научно-исследовательская работа				
	Научно-исследовательская работа				
	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				

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

Профессиональные компетенции ПК-3, 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
<b>ПК-3</b> Готов применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределённостей при проектировании	ИПК-3.2 Использует методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределённостей при проектировании	Алгоритм и методы решения современных инженерных задач в области гидродинамики и тепломассопереноса в конструкциях энергетического оборудования АЭС на основе их физико-математических моделей.	Готовить исходные данные для физико-математических моделей процессов гидродинамики и тепломассопереноса.	Навыки использования программных комплексов для численного анализа процессов гидродинамики и тепломассопереноса в элементах энергетического оборудования АЭС.	Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов (оценка по критерию 1 и 2)	Перечень контрольных вопросов
<b>ПК-5</b> Способен использовать технологии 3D-моделирования при расчетах и проектировании оборудования ядерных энергетических установок	ИПК-5.1 Применяет современные технологии 3D-моделирования при расчетах и проектировании оборудования ядерных энергетических установок	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 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/01.7 «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»), освоение дисциплины причастно к освоению ТФА/04.7 «Выполнение расчетного обоснования проектных решений в части ядерной и радиационной безопасности ОИАЭ» (24.104 «Инженер-проектировщик систем ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии») и решают следующие профессиональные задачи:

- Разработка методов повышения безопасности ядерных установок, материалов и технологий;

- Разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта;
- 3D-моделирование и расчетное обоснование конструктивных решений при проектировании оборудования ядерных энергетических установок.

## **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 2 семестре
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоемкость, ч/з.е.	<b>180/5</b>	<b>180/5</b>
1. Контактная работа:	<b>76</b>	<b>76</b>
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:	<b>68</b>	<b>68</b>
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 (подготовка)	36	36
3. Контроль	<b>36</b>	<b>36</b>

## 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	Виды учебной работы, час.					
				Контактная работа				Самостоятельная работа студентов	Контроль
				Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Контроль самостоятельной работы		
ПК-3 ИПК-3.2	1	Методы научных исследований в области техники	Тема1.1.Методы научных исследований в области техники. Классификация методов исследования.	4	-	4	1	8	4
ПК-5 ИПК5.1	2	Основы вычислительного теплообмена и гидродинамики	Тема2.1.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. Границные условия	4	-	4	4	8	4
<b>ИТОГО:</b>		<b>180</b>		<b>34</b>	-	<b>34</b>	<b>8</b>	<b>68</b>	<b>36</b>

## 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, $\pi$ -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 экзамена
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, $\pi$ -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
11.	Типы сеточных элементов
12.	Моделирование пристенных течений

13.	Типы граничных условий
14.	Подходы к моделированию турбулентных течений
15.	Однопараметрические модели турбулентности
16.	k-epsilon модель турбулентности
17.	k-omega модель турбулентности
18.	SST- модель турбулентности
19.	Модели рейнольдсовых напряжений
20.	LES-модель Смагоринского
21.	Понятия валидации и верификации
22.	Исследование сеточной сходимости
23.	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 доступна сайте учебно-методического управления [https://www.nntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/учебно-методическое управление](https://www.nntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/uchebno-metodicheskoe-upravlenie) по вкладке «Нормативные документы и локальные акты по обеспечению образовательного процесса НГТУ»:

1. Положение о фонде оценочных средств для проведения текущего контроля, промежуточной аттестации и государственной итоговой аттестации обучающихся по программам высшего образования (НГТУ ПВД-11.4/158-23).

2. Положение о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.1/30-23).

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-5 и с которой они готовы выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2). Оценивание формируемых компетенций ПК-3, 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-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 или излагает 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, но допускает 1–2 негрубые ошибки, которые сам же исправляет	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 и грубые ошибки, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению дескрипторами достижения компетенций ПК-3, ПК-5

В соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.1/30-23) 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.

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 (при наличии).

Оценивание формируемых компетенций и по экзамену в целом осуществляется по критериям и шкале оценивания, представленным в таблицах 8,9.

**Таблица 8 – Шкала оценивания формируемых компетенций в процессе промежуточной аттестации**

Компетенции	Уровень освоения	Описание шкалы оценивания на экзамене
ПК-3 ПК-5	Достаточный	По критерию 1 и 2 с показателями не ниже «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос
	Недостаточный	По критерию 1 и 2 с показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос
ПК-3 ПК-5 (итог экзамену) по	Достаточный	«Удовлетворительно», если компетенции усвоены на достаточном уровне
	Недостаточный	«Не удовлетворительно», если хотя бы одна компетенция усвоена на недостаточном уровне

**Таблица 9 – Критерии оценивания**

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, 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.

В таблице 10 представлен примерный перечень тем курсовых работ по дисциплине

**Таблица 10 – Примерный перечень тем курсовых работ**

№ п/п	Тема курсовой работы
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-

В таблице 11 представлена шкала оценивания курсовых работ

**Таблица 11 – Шкала оценивания курсовых работ**

Оценка	Критерии оценивания	
	Знаниевая компонента	Деятельностная компонента
Неудовлетворительно	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, которая не соответствует выданной 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
Удовлетворительно	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. Работа 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	Обучающийся выполнил курсовую работу в полном объеме. Работа характеризуется глубиной проработки всех разделов содержательной части. Имеются недочеты в оформлении курсовой работы.

	затруднения. Материал не всегда излагается логично, последовательно.	
Отлично	Обучающийся свободно владеет теоретическим материалом, 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. Работа характеризуется глубиной проработки всех разделов содержательной части. Оформление отвечает требованиям написания курсовой работы.

## . 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 12 – Список учебной литературы, печатных и электронных изданий

№п\	Библиографическое описание(автор,заглавие,видиздания,место,издательство,год издания,количествостраниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1.Основнаялитература		
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. - ISBN978-5-502-00491-6.	20
2.	П.Л. Кириллов и др. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике в3-х томах; под общ. ред. П.Л. Кириллова. – М.: ИздАт, 2010. – 776 с. (т. 1); 2013. – 688 с. (т.2);2014.–688с.(т.3).	12(т.1) 17(т.2) 28(т.3)
2.Дополнительнаялитература		
3.	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.-ISBN978-5-91134-340-8.	8
4.	Кириллов П.Л.Тепломассообменвядерныхэнергетическихустановках: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
5.	Шкляр М.Ф. Основы научных исследований: Учеб.пособие/М.Ф.Шкляр.-2-еизд. - М.:ДашковиК°,2008.-244с.-Библиогр.:с.242-243.-Прил.:с.213-241. -ISBN 978-5-91131-918-2.	10
6.	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. -ISBN5-7046-1320-9.	40
7.	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.-ISBN978-5-8114-0799-6.	30

## 6.2 Справочно-библиографическая и научная литература

Таблица13–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-библиографическаялитература		
1.	П.Л. Кириллов и др.Справочникпотеплогидравлическимрасчетамвядернойэнергетикев3-хтомах. 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-хтомах. Т.2; под общ. ред. П.Л.Кириллова.– М.:ИздАт,2013. –688 с.	17
3.	П.Л.Кириллов и др.Справочникпотеплогидравлическимрасчетамвядернойэнергетикев3-хтомах. Т.3;подобщ. 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. Том3. Свойства поглотителей нейтронов. Книга1. Поглощающие материалы на основе бора и его соединений; под общ.ред.В.М. Поплавского.–М.:ИздАТ,2013. –632с.	9
№ п/ п	Библиографическое описание(автор,заглавие,видиздания,место,издательство,годиздания,количествостраниц)	Количество экземпляров в библиотеке
2. Научная литература		
5.	«Атомная энергия». Научно-технический журнал.–М.:НКО «Редакция журнала «Атомная энергия» (Scopus, Web of Science, перечни ВАК и РИНЦ): <a href="http://j-atomicenergy.ru">j-atomicenergy.ru</a>	5.
6.	«Вопросы атомной науки и техники. Серия: Термоядерный синтез». Научно-технический журнал.–М.:НИЦ «Курчатовский институт» (Scopus,Web of Science, перечни ВАК и РИНЦ): <a href="http://vant.iterru.ru/vant.html">http://vant.iterru.ru/vant.html</a>	6.
7.	«Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов». Научно-технический журнал.–М.: НИЦ «Курчатовский институт»(Scopus, Web of Science, ScienceCitationIndex, INIS Atomindex, перечни ВАК и РИНЦ): <a href="http://nrcki.ru/catalog/index.shtml?g_show=37331">http://nrcki.ru/catalog/index.shtml?g_show=37331</a>	5 раз в год
8.	«Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика». Научно-технический журнал. –Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ(Ulrich'sPeriodicalDirectory, перечни ВАК и РИНЦ): <a href="https://nuclear-power-engineering.ru">https://nuclear-power-engineering.ru</a>	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:

- «Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>;
- «ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА - <http://www.studentlibrary.ru/>;
- «ЮРАЙТ – образовательная платформа» - <https://biblio-online.ru/>;
- Электронно-библиотечная система TNT-EBOOK - <https://www.tnt-ebook.ru/>.
- «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 WebofScience 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 OrbitIntelligencePremium).
- 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 15 раздела 9 настоящей РПД.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 14 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 14 - 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 15.

**Таблица 15 - 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 Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	Рабочее место студента – 50 Доска меловая; Ноутбук HP Intel® Core™ i3-5005UCPU @ 2.00GHz 2.00 GHz 8 Gb; Мультимедийный проектор стационарный потолочный Epson EB-X500; Экран.	Microsoft Windows 10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18); Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024); MS Office 2010 MS Open License, 60853088, Academic; Adobe Acrobat Reader DC-Russian (Прориетарное ПО); 7-zip (Свободное ПО, GNU LGPL); OpenOffice.org 2.3.0 Professional, Sun Microsystems Inc. (свободное ПО); Google Chrome, версия 49.0.2623.87 (свободное ПО)
2.	№ 5214 Информационно-образовательный центр	Рабочее место студента – 28 Доска меловая; ПЭВМ – 14 шт. (процессор Intel® Core™ 2 CPU 6320 @ 1.86 GHz 1.87 GHz, ОЗУ 2 ГБ) с доступом к сети «Интернет» и ЭБС НГТУ	Microsoft Windows 10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18); Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024); Astra Linux (Orel) 2.12.432; P7 Офис (с/н 5260001439). Распространяемое по свободной лицензии; 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
3.	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)

## **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-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-5 в результате выполнения определенных видов работы оценивается:

- на контролльном 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 студент может быть аттестован на 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
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

## 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,
- защита курсовой работы.

Темы 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
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

**Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен**

#### **Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПК3: ИПК-3.2):**

1. Теоретическое исследование физического явления: путь исследования, преимущества и недостатки
2. Математическая формулировка задачи
3. Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости
4. Уравнение неразрывности
5. Уравнение энергии для вязкой теплопроводной несжимаемой жидкости
6. Уравнение неразрывности
7. Уравнение энергии для вязкой теплопроводной несжимаемой жидкости

#### **Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПК5: ИПК-5.1):**

1. Сущность метода анализа размерностей.  $\pi$ -теорема
2. Моделирование технических устройств и процессов. Константы подобия
3. Метод SIMPLE решения системы уравнений движения и давления
4. Основы метода контрольных объемов
5. Моделирование пристенных течений
6. Подходы к моделированию турбулентных течений
7. Однопараметрические модели турбулентности
8. Однопараметрические модели турбулентности
9. k-epsilon модель турбулентности
10. k-omega модель турбулентности
11. SST- модель турбулентности

## **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 № 8**

1. Уравнение неразрывности.
2. Основы метода контрольных объемов.

**Зав. кафедрой ЯРиЭУ**

«\_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 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 «Ядерное топливо и основное оборудование высокотемпературных газовых реакторов»

по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерные физика и технологии»  
(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-5, прописанные в учебном плане по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерные физика и технологии». 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 14.04.02 «Ядерные физика и технологии». В рабочей программе дано описание логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ОП ВО (дисциплинами и практиками), представлена междисциплинарная связь с другой теоретической и практико-ориентированной дисциплиной ОП ВО «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла».

В процессе изучения учебной дисциплины «Численное моделирование теплофизических процессов в энергетических установках» студенты осваивают указанные профессиональные компетенции, формирование которых завершается при прохождении производственной практики (научно-исследовательской работы).

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: Солнцев Д.Н., к.т.н., доцент кафедры АТС

10 марта 2025 г.