

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

Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической физики
имени академика Ф.М. Митенкова (ИЯЭиТФ)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЯЭиТФ

М.А. Легчанов
25 марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.24 «Теория тепломассопереноса»

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 14.03.02 "Ядерные физика и технологии"
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: "Ядерные реакторы и энергетические установки"
(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: 108/3
(часов/з.е.)

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

Разработчик(и): Сатаев А.А., к.т.н.
(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: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 14.03.02 "Ядерная физика и технологии", утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 28.02.2018 № 150 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ протокол № 7 от 19.12.2024 г.

протокол от «15» 06 2021 г. № 7

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 № _____

Начальник МО _____ Е.Г. Севрюкова

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина

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	7
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	10
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	13
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	17
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	17
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	18
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	20

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины является:

- приобретение студентами навыков использования расчетных и экспериментальных методик при разработке теплообменного оборудования различного типа.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- сформировать общее представление о физических основах переноса теплоты, методологии исследования процессов теплообмена;
- научить студента умению использовать теоретические положения, применять компьютер с прикладными программными средствами для практических расчетов при проектировании и эксплуатации теплообменного оборудования энергетических установок;
- изучить основные аспекты ведения научных исследований современными методами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина Б1.Б.24 «Теория тепломассопереноса» включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 14.03.02 "Ядерные физика и технологии".

Изучение дисциплины осуществляется на 3-м курсе в 5-м семестре. Курс базируется на знаниях и умениях, приобретаемых студентами при изучении физико-математических дисциплин.

Кроме дисциплины «Теория тепломассопереноса» в формировании компетенции ОПК-1 параллельно участвуют дисциплины: «Электротехника и электроника», «Атомная физика», «Уравнения математической физики», «Механика» и др.

В свою очередь, дисциплина «Теория тепломассопереноса» необходима для изучения специальной дисциплины «Ядерная физика» формирующую ту же компетенцию.

Студенты в процессе изучения дисциплины «Теория тепломассопереноса» усваивают физические основы переноса теплоты, методологии исследования процессов теплообмена и получают необходимые навыки практических расчетов при проектировании и эксплуатации теплообменного оборудования энергетических установок.

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 ядерных энергетических установок, свободно владеющего профессиональными навыками.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Этапы формирования компетенций

В результате освоения дисциплины «Теория тепломассопереноса» у обучающегося частично формируется компетенция ОПК-1, полное формирование которой последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблица 1).

Таблица 1 - Формирование компетенции ОПК-1

Код компетенции	Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками							
		1 сем.	2 сем.	3 сем.	4 сем.	5 сем.	6 сем.	7 сем.	8 сем.
ОПК-1	Химия								
	Начертательная геометрия и инженерная графика								
	Аналитическая геометрия. Линейная алгебра								
	Математический анализ								
	Обыкновенные дифференциальные уравнения								
	Теория функций комплексного переменного								
	Теория вероятностей и математическая статистика								
	Физика								
	Компьютерное моделирование								
	Прикладная физика								
	Теоретическая механика								
	Атомная физика								
	Уравнения математической физики								
	Механика								
	Теория тепломассопереноса								
	Электротехника и электроника								
	Ядерная физика								
	Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР								

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

Профессиональная компетенция ОПК-1 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
ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ИОПК-1.2. Применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	- основные методы и методики создания теоретических и математических моделей, - процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах	- создавать теоретические и математические модели, описывающие процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах	- навыками и методами создания теоретических и математических моделей, описывающих процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах	Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов (оценка по критерию 1 и 2)	Перечень контрольных вопросов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (з.е.) или 108 академических часов, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем - 57 часов, самостоятельная работа обучающихся - 24 часа (таблица 3).

Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч/з.е.	
	Всего	в том числе в 5 семестре
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость, ч/з.е.	108/3	108/3
1. Контактная работа:	57	57
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	51	51
Занятия лекционного типа (Л)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	17	17
1.2. Внеаудиторная работа, в том числе:	6	6
Консультации по дисциплине	6	6
2. Самостоятельная работа студентов, в том числе:	24	24
Проработка источников информации (повторение пройденного материала, изучение и конспектирование рекомендованной литературы)	7	7
Подготовка к лабораторным занятиям	17	17
3. Подготовка к экзамену (контроль)	27	27

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	Наименование разделов и тем	Виды учебной работы, ч					Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов	Контроль				
		Лекции	Лабораторные работы	Консультации по дисциплине						
ОПК-1 ИОПК-1.2.										
	Раздел 1. Введение	2	-	1	1	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 5 - 7	Семинар - диалог	-	-
	Раздел 2. Теплопроводность	5	-	1	1	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 8 – 27 п.2 табл. 9 РПД, стр. 7 - 22	Семинар - диалог	-	-
	Лабораторная работа 1. Определение коэффициента теплопроводности методом цилиндрического слоя	-	3	-	3	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 8 – 27 п.2 табл. 9 РПД, стр. 7 – 22 п. 3 табл. 9 РПД стр. 12 - 21	Работа в малых группах	-	-
	Раздел 3. Конвективный теплообмен	5	-	1	1	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 34 – 63 п.2 табл. 9 РПД, стр. 108 - 123	Семинар - диалог	-	-
	Лабораторная работа 2. Конвективный теплообмен около горизонтальной трубки	-	3	-	3	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 94 – 101 п.2 табл. 9 РПД, стр. 108 – 123 п. 3 табл. 9 РПД стр. 24 - 36	Работа в малых группах	-	-
	Лабораторная работа 3. Конвективный теплообмен около вертикальной трубки	-	3	-	3	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 94 – 101 п.2 табл. 9 РПД, стр. 108 – 123 п. 3 табл. 9 РПД стр. 24 - 36	Работа в малых группах	-	-
	Лабораторная работа 4. Исследование теплоотдачи при движении жидкости внутри канала	-	4	-	4	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 78 – 94 п.2 табл. 9 РПД, стр. 108 – 123 п. 3 табл. 9 РПД стр. 39 - 45	Работа в малых группах	-	-
	Раздел 4. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества	5	-	1	1	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 110 – 138 п.2 табл. 9 РПД, стр. 226 - 276	Семинар - диалог	-	-

	Лабораторная работа 5. Кипение жидкости на обогреваемой поверхности	-	4	-	4	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 110 – 138 п.2 табл. 9 РПД, стр. 226 - 276	Работа в малых группах	-	-
	Раздел 5. Теплообмен излучением	4	-	1	1	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 160 – 182 п.2 табл. 9 РПД, стр. 312 – 373 п. 3 табл. 9 РПД стр. 50 - 54	Работа в малых группах	-	-
	Раздел 6. Сложный теплообмен	5	-	1	1	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 193 – 196 п.2 табл. 9 РПД, стр. 373 - 377	Работа в малых группах	-	-
	Раздел 7. Основы теплого расчета теплообменных аппаратов	8	-	-	1	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 245 - 266	Работа в малых группах	-	-
	Контроль (подготовка и сдача экзамена)	-	-	-	-	27	-	-	-	-
ИТОГО:		34	17	6	24	27				

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 цикла лекций	Номер темы лабораторной работы	Перечни контрольных вопросов и заданий
1 - 2	1	<p>Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Теплопроводность»:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Способы переноса теплоты 2. Основной закон теплопроводности. Температурное поле. Градиент температур. Тепловой поток. Коэффициент теплопроводности 3. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условие однозначности для процессов теплопроводности 4. Стационарная теплопроводность однородной плоской стенки, многослойной стенки. Стационарная теплопроводность однородной и многослойной цилиндрической стенки 5. Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников теплоты. Теплопроводность круглого стержня при наличии внутренних источников теплоты. Теплопроводность цилиндрической стенки с внутренними источниками теплоты <p>Лабораторная работа №1</p> <p>Определить коэффициент теплопроводности методом цилиндрического слоя для материалов лабораторной установки. Произвести верификацию полученных результатов со справочными материалами [пункты 1, 2, 3 таблицы 9 РПД]</p>
3	2 - 4	<p>Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Конвективный теплообмен»:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия и определения. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Уравнения теплопроводности движения жидкости. Уравнения сплошности. Краевые уравнения 2. Основы теории подобия. Приведения математической формулировки излучаемого процесса к записи в безразмерных переменных. Условия подобия физических процессов. Числа подобия и уравнения подобия 3. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Обтекание плоской пластины ламинарным пограничным слоем. Теплообмен при обтекании плоской пластины ламинарным пограничным слоем 4. Механизм передачи тепла при продольном обтекании стенки турбулентным потоком жидкости 5. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости и газа внутри канала. Теплоотдача при ламинарном, турбулентном и переходных режимах. Теплоотдача шероховатых и изогнутых труб 6. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании одиночного цилиндра и пучков труб 7. Теплоотдача при свободном движении жидкости или газа в неограниченном объеме. Теплоотдача при свободном ламинарном движении вдоль вертикальной пластины. Теплоотдача при свободном турбулентном движении вдоль вертикальной пластины. Теплоотдача около горизонтальной трубы. Теплообмен при свободном движении в ограниченном пространстве <p>Лабораторная работа №2</p> <p>Определить критерий Нуссельта в случае свободного конвективного теплообмена вокруг горизонтальной трубки с обогревом. Произвести верификацию полученных результатов с расчётными зависимостями, приведёнными в соответствующих главах литературы [пункты 1, 2 таблицы 9 РПД].</p> <p>Лабораторная работа №3</p> <p>Определить критерий Нуссельта в случае свободного конвективного теплообмена вокруг вертикальной трубки с обогревом. Произвести верификацию полученных результатов с</p>

		<p>расчётными зависимостями, приведёнными в соответствующих главах литературы [пункты 1, 2 таблицы 9 РПД].</p> <p>Лабораторная работа №5</p> <p>Определить коэффициент теплоотдачи по высоте обогреваемого канала при вынужденном движении жидкости внутри этого канала.</p>
4	5	<p>Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества»:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Теплоотдача при кипении однокомпонентных жидкостей в условиях свободного движения. Теплообмен при кипении жидкости внутри труб. Криз теплообмена 2. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного сухого насыщенного пара при ламинарном течении пленки. 3. Влияние различных факторов на конденсацию пара. Влияние расположения труб. Влияние наличия не конденсирующего газа. Влияние состояния поверхности и т.д. <p>Лабораторная работа №4</p> <p>Исследовать процесс кипения капли жидкости на обогреваемой поверхности при плавно изменяющейся температуре поверхности при постоянной подводимой тепловой мощности. Обосновать полученные результаты. Описать явление гистерезиса.</p>
5		<p>Перечень контрольных вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Описание процесса и основные определения 2. Законы теплового излучения. Закон Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта 3. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде. Роль экранов при теплообмене излучением
6		<p>Перечень контрольных вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку. Коэффициенты теплопередачи. Термическое сопротивление 2. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Теплопередача через сложные стенки. 3. Критический диаметр тепловой изоляции. Интенсификация теплопередачи
7		<p>Перечень контрольных вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Типы теплообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей 2. Расчетные уравнения. Уравнение теплового баланса. Уравнение теплопередачи. Средний температурный напор 3. Расчет конечной температуры рабочих жидкостей. Прямоток. Противоток. Сравнение прямотока с противотоком 4. Методика расчета теплообменника. Пример расчета

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

№ п/п	Контрольные вопросы для проведения экзамена
1	Основной закон теплопроводности. Тепловой поток, коэффициент теплопроводности.
2	Дифференциальные уравнения теплопроводности (условия однозначности).
3	Стационарная теплопроводность однослойной плоской стенки, многослойной плоской стенки.
4	Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного сухого пара при ламинарном течении пленки. Теплопроводность круглого стержня при наличии внутренних источников теплоты.
5	Законы теплового излучения (Закон Планка, закон Стефана-Больцмана, закон Кирхгофа).
6	Уравнение теплопроводности движущейся жидкости (уравнение движения, сплошности, краевые условия).
7	Теплоотдача при кипении однокомпонентных жидкостей в условиях свободного движения (Кризис теплообмена).
8	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости и газа внутри канала.
9	Теплопередача через цилиндрическую стенку. Интенсификация теплопередачи.
10	Механизм передачи тепла при продольном обтекании стенки турбулентным потоком жидкости.
11	Теплопередача через многослойную плоскую стенку (коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление).
12	Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Обтекание плоской пластины ламинарным пограничным слоем.
13	Теплообмен излучения системой тел в прозрачной среде.
14	Теплопередача при вынужденном поперечном омывании цилиндра и пучков труб.
15	Типы теплообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей.

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»:

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 «Теория тепломассопереноса» обучающиеся должны приобрести знания, умения и навыки, сформулированные в дескрипторах достижения профессиональной компетенции ОПК-1 и с которой они готовы выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2). Оценивание формируемой компетенции ОПК-1 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»
ОПК-1	ИОПК-1.2.	Семинары по темам 1 – 4 Работа в малых группах по темам 5 - 7	<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 грубые ошибки, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению дескрипторами достижения компетенции ОПК-1

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 7,8.

Таблица 7 – Шкала оценивания формируемых компетенций в процессе промежуточной аттестации

Компетенции	Уровень усвоения	Описание шкалы оценивания на экзамене
ОПК-1	Достаточный	По критерию 1 и 2 показатели минименее «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос
	Недостаточный	По критерию 1 и 2 показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос
ОПК-1 (итог по экзамену)	Достаточный	«Удовлетворительно», если компетенция усвоена на достаточном уровне
	Недостаточный	«Неудовлетворительно», если компетенция усвоена на недостаточном уровне

Таблица 8 – 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.

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 9 – Список учебной литературы, печатных и электронных изданий

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1.	Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. - 2-е изд., стер. - М.: Энергия, 1977. - 344 с.	15
2.	Исаченко В.П. Теплопередача: Учебник для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С.	9

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
	Сукомел. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1981. - 416 с.	
3.	Аношкин Ю.И. Теплообменные процессы в ЯЭУ: Учеб.пособие/ Ю.И. Аношкин, А.В. Дунцев; НГТУ им. Р.Е.Алексеева. - Н. Новгород: [Б.и.], 2015. - 138 с.	27
2. Дополнительная литература		
4.	А.А. Гухман. Применение теории подобия к исследованию процессов тепломассообмена. Процессы переноса в движущейся среде. Учебное пособие. – М.: URSS, 2013. – 327 с.	1
5.	С.М. Дмитриев. Краткий курс ТМО [Электронные текстовые данные]. Учебное пособие. – Н. Новгород, НГТУ, 2012. – 144 с	1
6.	Р.М. Лапшин. Теплогидродинамические процессы генерации пара в ЯЭУ [Электронные текстовые данные]. Учебное пособие. Н. Новгород, НГТУ, 2012. – 99 с	1
7.	Лыков А.В. Тепломассообмен: Справочник / А.В. Лыков. - 2-е изд.,перераб.и доп. - М.: Энергия, 1978. - 480 с.	8

6.2. 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 лабораторных работ;
- 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» <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/>.

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 FreedomCollection);
- SpringerNature (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 «КиберЛенинка»: <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 12 раздела 9 настоящей РПД.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 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 10 - 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 «Теория тепломассопереноса» могут быть использованы материально-техническая база и программное обеспечение, представленные таблице 11.

Таблица 11 - 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.	№ 5210 Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	Рабочее место студента – 120 Доска меловая; Ноутбук HP Intel® Core™ i3-	Программное обеспечение: Microsoft Windows 10 (подписка DreamSpark Premium, договор

№ 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
		5005UCPU @ 2.00GHz 2.00 GHz 8 Gb; Мультимедийный проектор стационарный потолочный EpsonEBX500; Экран.	№ 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 (Проприетарное ПО); 7-zip (Свободное ПО, GNULGPL); OpenOffice.org 2.3.0 Professional, Sun Microsystems Inc. (свободное ПО); GoogleChrome, версия 49.0.2623.87 (свободное ПО)
2.	№5114 Лабораторный комплекс экспериментальных теплофизических стендов для проведения лабораторных работ	Экспериментальный стенд «Трёхконтурная модель ядерной энергетической установки»; Экспериментальный стенд «Модель контура естественной циркуляции»; Экспериментальный стенд «Исследование воздействия изменения пространственной ориентации судовой ядерной энергетической установки на процессы тепло- и массообмена».	ОС Windows 7 Профессиональная Service Pack 1, Microsoft 2009, подписка MSDN AA Developer Original Membership, ID: 700493608, бессрочная; Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024); LabVIEW 7.1, National Instruments, S/N G12X21084, корпоративная университетская лицензия, бессрочная. OpenOffice.org 2.3.0 Professional, Sun Microsystems Inc. 2000-2007, свободное ПО AdobeAcrobatReaderDC, версия 2015.010.20060, https://get.adobe.com/reader , бесплатное ПО. GoogleChrome, версия 49.0.2623.87, 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 компетенции ОПК-1.

Основными видами аудиторной работы студентов по данной дисциплине являются:

- работа на лекциях;
- лабораторные работы.

Формами выполнения видов аудиторной работы являются:

- лекции;
- лабораторные работы (работа в малых группах);
- консультации.

Результаты аудиторной работы представляются в следующих основных формах:

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

Уровень развития компетенции ОПК-1 в результате выполнения определенных видов работы оценивается:

- на контрольном опросе по пройденному материалу (знать);
- при выполнении и защите лабораторных работ и полученных результатах (владеть, 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 лабораторных работах – эксперименты, диалоги, работы в малых группах.

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 / лабораторным работам 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 лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

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 11). 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.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

- контроль по темам лекционных занятий,
- решение практических задач,
- отчет по лабораторным работам;
- решение индивидуальных практических заданий.

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ОПК-1)

1. Основной закон теплопроводности. Тепловой поток, коэффициент теплопроводности.
2. Дифференциальные уравнения теплопроводности (условия однозначности).
3. Стационарная теплопроводность однослойной плоской стенки, многослойной плоской стенки.
4. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного сухого пара при ламинарном течении пленки. Теплопроводность круглого стержня при наличии внутренних источников теплоты.
5. Законы теплового излучения (Закон Планка, закон Стефана-Больцмана, закон Кирхгофа).
6. Уравнение теплопроводности движущейся жидкости (уравнение движения, сплошности, краевые условия).
7. Теплоотдача при кипении однокомпонентных жидкостей в условиях свободного движения (Кризис теплообмена).
8. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости и газа внутри канала.
9. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Интенсификация теплопередачи.
10. Механизм передачи тепла при продольном обтекании стенки турбулентным потоком жидкости.
11. Теплопередача через многослойную плоскую стенку (коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление).
12. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Обтекание плоской пластины ламинарным пограничным слоем.
13. Теплообмен излучения системой тел в прозрачной среде.
14. Теплопередача при вынужденном поперечном омывании цилиндра и пучков труб.
15. Типы теплообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей.

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Теория тепломассопереноса», реализуемую по основной образовательной программе высшего образования "Ядерные реакторы и энергетические установки" по направлению подготовки 14.03.02 "Ядерная физика и технологии" (квалификация выпускника «бакалавр»), разработанную кафедрой «Ядерные реакторы и энергетические установки» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет»

Учебная дисциплина «Теория тепломассопереноса» представляет собой курс, в ходе изучения которого у студентов формируется профессиональная компетенция ОПК-1, прописанная в учебном плане по направлению подготовки 14.03.02 "Ядерная 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 14.03.02 "Ядерная физика и технологии". 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 «Электротехника и электроника», «Атомная физика», «Уравнения математической физики», «Механика», «Химия», «Начертательная геометрия и инженерная графика», «Аналитическая геометрия. Линейная алгебра», «Математический анализ» и др.

В процессе изучения учебной дисциплины «Теория тепломассопереноса» студенты продолжают осваивать указанные профессиональные компетенции, формирование которых начинается при изучении дисциплин «Химия», «Начертательная геометрия и инженерная графика», «Аналитическая геометрия. Линейная алгебра», «Математический анализ» и др., а завершается при изучении дисциплины «Ядерная физика».

Тематический план изучения дисциплины «Теория тепломассопереноса», 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 «Теория тепломассопереноса» представлена на официальном сайте вуза, отвечает нормативным требованиям федерального и локального уровня и полностью соответствует компетентностно-квалификационной характеристике выпускника указанной ОП ВО.

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

(подпись)

10 марта 2025 г.