

**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  
\_\_\_\_\_ А.Е. Хробостов  
«08» декабря 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**М1.В.ОД.4 «Гидродинамика и теплообмен»**

**для подготовки магистров**

Направление подготовки: 14.04.02 "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: 2021

Выпускающая кафедра: ЯРиЭУ  
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: ЯРиЭУ  
(аббревиатура кафедры)

Объем дисциплины: 252/7  
(часов/з.с.)

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

Разработчик(и): Аношкин Ю.И., к.т.н., доцент  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2021 год

Рецензент: \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«04» декабря 2020\_\_г.

Рабочая программа дисциплины: «Гидродинамика и теплообмен» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 14.04.02 "Ядерная физика и технологии", утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 28.02.2018 № 152 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ

протокол от «17» 12 2020 г. № 5

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры разработчика программы протокол от 07 декабря 2020 г № 5.

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

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института, где реализуется данная программа  
\_\_\_\_\_, Протокол от 08.12.2020 г № 6.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 14.04.02-я-9

Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4. Структура и содержание дисциплины .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5. Текущий контроль успеваемости и аттестация по итогам освоения дисциплины.....	9
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.3</b>
7. Информационное обеспечение дисциплины.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.4</b>
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с овз .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.5</b>
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.5</b>
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины	<b>Ошибка! Закладка не определена.6</b>
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины .....	18
Приложения.....	19
Лист актуализации рабочей программы дисциплины.....	20

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

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

- получение студентами необходимых навыков теплогидравлического расчета активной зоны реактора.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины:**

- научить студента применять математический аппарат к решению конкретных теплофизических задач и выделять тепловые явления в ядерных энергетических установках.
- использовать компьютерные программы для прикладных исследований и проектирования ядерных энергетических установок;

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина (модуль) М1.В.ОД.4 «Гидродинамика и теплообмен» 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 в 1-м и 2-м семестре. Кроме дисциплины «Гидродинамика и теплообмен» в формировании компетенции ПКС-2 параллельно участвуют дисциплины «Принципы и средства обеспечения безопасности», «Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок», «Физическая теория реакторов», «Автоматизированные системы управления атомных электростанций», «Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации судовых ядерных энергетических установок», «Принципы средства обеспечения безопасности», «Компьютерные технологии», «Основы ядерных технологий», «Интегрированные прикладные системы», «Математические методы обработки экспериментальных данных», «Специальные методы измерения и контроля», «Методы и приборы физических измерений».

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.

Студенты в процессе изучения дисциплины «Гидродинамика и теплообмен» получают необходимые знания в использовании справочно-нормативных материалов.

Все это является основой для дальнейшей подготовки студента как высококвалифицированного специалиста в области ядерных энергетических установок, знающего законы теплофизики, законы гидравлики, основное технологическое оборудование ядерных энергетических установок, умеющего решать конкретные теплофизические задачи, а также использовать и применять компьютерные программы для прикладных исследований и проектирования ядерных энергетических установок.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Этапы формирования компетенций

В результате освоения дисциплины «Гидродинамика и теплообмен» у обучающегося частично формируется компетенция ПКС-2, полное формирование которых последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблица 1).

Таблица 1 - Формирование компетенции ПКС-2

Код компетенции	Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками			
		1 сем.	2 сем.	3 сем.	4 сем.
ПКС-2	Гидродинамика и теплообмен				
	Принципы и средства обеспечения безопасности				
	Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок				
	Физическая теория реакторов				
	Автоматизированные системы управления атомных электростанций				
	Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации судовых ядерных энергетических установок				
	Дополнительные главы по инженерным расчетам и проектированию ядерных энергетических установок				
	Компьютерные технологии				
	Основы ядерных технологий				
	Интегрированные прикладные системы				
	Математические методы обработки экспериментальных данных				
	Специальные методы измерения и контроля				
	Методы и приборы физических измерений				
	Проектная практика				
	Преддипломная практика				
	Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				

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

Профессиональная компетенция ПКС-2 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
ПКС-2 - Способен провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок и приборов	ИПКС-2.1 - Проводит расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок и приборов. ИПКС-2.2 – Использует современные методики расчета, концептуальной и проектной проработки современных физических установок и приборов	о сущности теплофизических процессов, происходящих в реакторе с целью создания конструкций, отвечающих современным критериям теплотехнической надежности, безопасности	формулировать общие закономерности и рекомендации при выполнении конкретных расчетов, пользоваться специальной литературой и справочными материалами	навыками составления математических моделей, вычислительных схем, разработки алгоритмов расчетов	Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов (оценка по критерию 1 и 2)	Перечень контрольных вопросов

Освоение дисциплины причастно к освоению ТФ В/01.7 «Инженерно-физическое сопровождение эксплуатации активной зоны реакторной установки» (ПС 24.028 «Специалист ядерно-физической лаборатории в области атомной энергетики»), решает следующие профессиональные задачи:

- Расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.
- Разработка проектной и рабочей технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (з.е.) или 252 академических часов, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем - 110 часа, самостоятельная работа обучающихся - 115 часов (таблица 3).

**Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ**

Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч/з.е.		
	Всего	в том числе в 1 семестре	в том числе 2 семестре
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоёмкость, ч/з.е.	252/7	180/5	72/2
1. Контактная работа:	110	74	36
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	102	68	34
Занятия лекционного типа (Л)	51	34	17
Занятия семинарского типа (ПЗ)	51	34	17
1.2. Внеаудиторная работа, в том числе:	8	6	2
Консультации по дисциплине	4	2	2
Консультации по курсовой работе	4	4	-
2. Самостоятельная работа студентов, в том числе:	115	81	34
Проработка источников информации (повторение пройденного материала, изучение и конспектирование рекомендованной литературы)	44	25	19
Подготовка к практическим занятиям	67	52	15
Подготовка к зачёту	-	-	-
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	4	4	-
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	Практические работы	Консультации по дисциплине						
ПКС-2	1. Тепловыделение в реакторе.	7	-	7	0,5	16		п. 1 табл. 9 РПД стр. 3-8 п. 2 табл. 9 РПД стр. 14-30	Семинар - диалог	-	-
	2. Теплопередача в ядерном реакторе.	8	-	8	0,5	16		п. 2 табл. 9 РПД стр. 124-136 п. 3 табл. 9 РПД стр. 215-224	Семинар - диалог	-	-
	3. Распределение температур в ядерном реакторе.	8	-	8	0,5	16		п. 1 табл. 9 РПД стр. 15-35 п. 2 табл. 9 РПД стр. 154-196	Семинар - диалог	-	-
	4. Реакторы с кипящим теплоносителем.	8	-	8	0,5	16		п. 1 табл. 9 РПД стр. 71-93 п. 3 табл. 9 РПД стр. 331-336	Семинар - диалог		
	5. Кризис тепловыделения.	8	-	8	0,5	17		п. 1 табл. 9 РПД стр. 19-51 п. 2 табл. 9 РПД стр. 23-41	Семинар - диалог	-	-
	6.Тепловой и гидравлический расчёт ЯР	8	-	8	0,5	17		п. 1 табл. 9 РПД стр. 52-70 п. 2 табл. 9 РПД стр. 121-139 п. 3 табл. 9 РПД стр. 391-403	Семинар - диалог	-	-
	7.Теплотехническая надёжность ядерных реакторов.	4	-	4	1	17		п. 1 табл. 9 РПД стр. 60-73 п. 2 табл. 9 РПД стр. 101-129	Семинар - диалог		
	Курсовая работа	-	-	-	4	-	27		Семинар - диалог		
ИТОГО:		51	-	51	8	115	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		Перечни контрольных вопросов и заданий
цикла лекций	практических занятий	
1	1.1	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Деление ядра»:  1, Деление ядра
2	1.2	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Теплофизические и нейтронно-физические характеристики»:  1, Теплофизические и нейтронно-физические характеристики
3	1.3	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Теплопередача в ТВЭЛе»:  1, Теплопередача в ТВЭЛе
4	1.4	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Теплопроводность топлива»:  1, Теплопроводность топлива
5	1.5	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Распределение температуры по высоте рабочего канала.»:  1. Распределение температуры по высоте рабочего канала.
6	1.6	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Неравномерность тепловыделения»:  1. Неравномерность тепловыделения
7	1.7	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Реакторы с кипящим теплоносителем»:  1. Реакторы с кипящим теплоносителем
8	1.8	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Гидродинамика реактора с кипящим теплоносителем»:  1. Гидродинамика реактора с кипящим теплоносителем
9	1.9	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Особенности тепловыделения в канале»:  1. Особенности тепловыделения в канале
10	1.10	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Кризис теплообмена»:

		1. Кризис теплообмена
11	1.11	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Распределение энерговыведения»: <p>1. Распределение энерговыведения</p>
12	1.12	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Расчёт реакторов с кипящим теплоносителем»: <p>1. Расчёт реакторов с кипящим теплоносителем</p>
13	1.13	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Методика расчёта теплотехнической надёжности»: <p>1. Методика расчёта теплотехнической надёжности</p>

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

№ п/п	Контрольные вопросы для проведения экзамена
1	Источники тепловыделения в реакторе.
2	Распределение тепловыделения по объёму и элементам ЯР.
3	Характер распределения температуры по радиусу стержневого ТВЭЛа.
4	Ограничение тепловыделения в реакторе по условиям плавления и прочности ТВЭЛ.
5	Ограничение
6	Критический тепловой поток и запас до кризиса.
7	Учет случайных отклонений от условий номинального теплоотвода (предельный подход).
8	Распределение температуры по высоте канала с некипящим теплоносителем реакторов различного типа.
9	Виды, задачи и основные этапы теплогидравлического расчета реактора.
10	Гидравлическое профилирование активной зоны реактора.
11	Ячейковый теплогидравлический расчет тепловыделяющей сборки.
12	Особенности
13	Основной показатель теплотехнической надежности реактора.
14	Способы интенсификации теплоотдачи в активной зоне реактора.
15	Ограничения тепловыделения в канале их условий недопустимости кипения теплоносителя.
16	Допустимость и определение расположения участка с пристенным кипением теплоносителя.
17	Кризис теплообмена 1 и 2 рода.
18	Ограничение тепловыделения в канале из условия недопустимости кризиса теплообмена. Запас до

	кризиса.
19	Учет случайных отклонений от условий номинального теплоотвода (предельный подход).
20	Цели и задачи теплового и гидравлического расчета ядерных реакторов на различных этапах проектирования.
21	Выбор закона распределения энерговыделения и гидравлическое профилирование активной зоны реакторов различного типа.
22	Особенности расчета реакторов с кипящим теплоносителем и с ЕЦ в первом контуре.
23	Основные
24	Расчет основного показателя теплотехнической надежности.
25	Пути повышения теплотехнической надежности.

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

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

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

В результате изучения дисциплины «Гидродинамика и теплообмен» обучающиеся должны приобрести знания, умения и навыки, сформулированные в дескрипторах достижения профессиональной компетенции ПКС-2 и с которой они готовы выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2). Оценивание формируемой компетенции ПКС-2 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»
ПКС-2	ИПКС-2.1	Лекционные занятия	<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 и не допускает ошибок	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 ПКС-2

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

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

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

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

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

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

Компетенции	Уровень усвоения	Описание шкалы оценивания на экзамене
ПКС-2	Достаточный	По критерию 1 и 2 с показателями не ниже «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос (табл. 2.1)
	Недостаточный	По критерию 1 и 2 с показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный на вопрос (табл. 2.1)
ПКС-2 (итог по экзамену)	Достаточный	«Зачтено», если обе компетенции усвоены на достаточном уровне
	Недостаточный	«Не зачтено», если хотя бы одна компетенция усвоена на недостаточном уровне

## **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
<b>1. Основная литература</b>		
1.	Н. Г. Абросимов, Ядерные энергетические установки с модульными ВТГР, Учебное пособие – Н.Новгоро д, 2014	6
2.	Ю.П. Сухарев, Физика ядерных реакторов деления, Учебное пособие - Нижний Новгород, НГТУ, 2012	43
3.	Ю.П. Сухарев, Нейтронно-физические характеристики ВТГР. Особенности, обоснование, Учебное пособие – Нижний Новгород, НГТУ, 2012	9
<b>2. Дополнительная литература</b>		
4.	Л.С..Стерман. Тепловые и атомные электрические станции, Учебник. – М.:Изд. Дом МЭИ, 2008	8
5.	П.Л. Киррилов, Справочник по теплогидравлическим расчётам в ядерной энергетике т.1. Теплогидравлические процессы в ЯЭУ, Справочник. - М.:ИздАТ, 2010	12
6.	Ф.Ф. Цветков, Задачник по теплообмену, Учебное пособие - М.:Изд. Дом МЭИ, 2008	10
7.	С.А. Тевлин, Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000: Учебное пособие.- 2-е изд., доп. - М.:Изд. Дом МЭИ, 2008	10
8.	П.Л. Киррилов, Теплообмен в ядерных энергетических установках, Учебное пособие - М.:Изд. Дом МЭИ, 2008	20

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

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

Сайт научно-технической библиотеки (НТБ):

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

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

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

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

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

- профессиональным справочным системам «Кодекс», «Гарант», «КонсультантПлюс», «Техэксперт»;

- Федеральному информационному фонду стандартов ФГУП «Стандартинформ».

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

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

В свободном доступе находятся:

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

ЭКБСОН: <http://www.vlibrary.ru/>.

## 7.2. Перечень программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется программное обеспечение, указанное в таблице 12 раздела 9 настоящей РПД.

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

В таблице 12 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 11 - 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 «Гидродинамика и теплообмен» могут быть использованы материально-техническая база и программное обеспечение, представленные таблице 12.

**Таблица 12 - 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.	5115, 5201, 5209, 5210, 5220, 5225, 5232, 5236	Мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор, экран)	-

№ 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
	Учебные аудитории для проведения лекций, семинаров, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации		
2.	5214 Информационно-образовательный центр для проведения практических занятий, коллоквиума и самостоятельной работы	ПЭВМ – 14 шт. (процессор Inter® Core™ 2 CPU 6320 @ 1.86 GHz 1.87 GHz, ОЗУ 2 ГБ) с доступом к сети «Интернет» и ЭБС НГТУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ОС Windows 7 Профессиональная Service Pack 1, Microsoft 2009, подписка MSDN AA Developer Original Membership, ID: 700493608, бессрочная.</li> <li>• Microsoft Visual Studio 2010, подписка MSDN AA Developer Original Membership, ID: 700493608, бессрочная.</li> <li>• OpenOffice.org 2.3.0 Professional, Sun Microsystems Inc. 2000-2007, свободное ПО.</li> <li>• Adobe Acrobat Reader DC, версия 2015.010.20060, <a href="https://get.adobe.com/reader">https://get.adobe.com/reader</a>, бесплатное ПО.</li> <li>• Google Chrome, версия 49.0.2623.87, бесплатное ПО.</li> <li>• T-FLEX Parametric CAD учебная версия, бесплатное ПО.</li> <li>• MATLAB, версия R2008a, бесплатное ПО.</li> </ul>

## 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 ПКС-5

Основными видами аудиторной работы студентов по данной дисциплине являются:

- работа на лекциях;
- выполнение практических заданий;

Формами выполнения видов аудиторной работы являются:

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

Результаты аудиторной работы представляются в следующих основных формах:

- конспекты;



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

Уровень развития компетенции ПКС-2 в результате выполнения определенных видов работы оценивается:

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

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 практических занятиях – работа в малых группах.

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

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / 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 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 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**

Оценочные средства и регламенты текущего и итогового контроля освоения дисциплины приведены в разделе 5 настоящей РПД.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯЭиТФ

\_\_\_\_\_ А.Е. Хробостов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

М1.В.ОД.4 «Гидродинамика и теплообмен»

(индекс по учебному плану, наименование)

для подготовки магистров

Направление подготовки: \_\_\_\_\_ 14.04.02 "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: \_\_\_\_\_ 2021 \_\_\_\_\_

Курс: \_\_\_\_\_ 1 \_\_\_\_\_

Семестр: \_\_\_\_\_ 1,2 \_\_\_\_\_

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1) в рабочую программу изменения не вносятся. Программа актуализирована для 2021 года начала подготовки;

2)

Разработчик РПД

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Ю.И. Аношкин \_\_\_\_\_  
(подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой «Ядерные реакторы и энергетические установки»

\_\_\_\_\_ В.В. Андреев  
(подпись)

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой «Ядерные реакторы и энергетические установки»

\_\_\_\_\_ В.В. Андреев  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Методический отдел УМУ

\_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Гидродинамика и теплообмен», реализуемую по основной образовательной программе высшего образования " Ядерные реакторы и энергетические установки " по направлению подготовки 14.04.02 "Ядерная физика и технологии" (квалификация выпускника «магистр»), разработанную кафедрой «Ядерные реакторы и энергетические установки» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет»

Учебная дисциплина «Гидродинамика и теплообмен» представляет собой курс, в ходе изучения которого у студентов формируется профессиональная компетенция ПКС-2, прописанная в учебном плане по направлению подготовки 14.04.02 "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 14.04.02 "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 «Физическая теория реакторов», «Автоматизированные системы управления атомных электростанций» «Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации судовых ядерных энергетических установок», «Принципы средства обеспечения безопасности» и др.

В процессе изучения учебной дисциплины «Гидродинамика и теплообмен» студенты продолжают осваивать указанные профессиональные компетенции, формирование которых начинается на проектной, а завершается на преддипломной практике.

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

Рецензент,

---

(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.