

**Димитровградский инженерно-технологический институт -**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ДИТИ НИЯУ МИФИ)**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Заместитель руководителя

\_\_\_\_\_ Г.И. Романовская  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

***Б1.О.04.02 Гидродинамика и теплообмен***

---

Специальность подготовки	<i>14.05.01 ЯДЕРНЫЕ РЕАКТОРЫ И МАТЕРИАЛЫ</i>
Квалификация выпускника	<i>Инженер-физик</i>
Специализация	<i>Ядерные реакторы</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Выпускающая кафедра	<i>Ядерных реакторов и материалов</i>
Кафедра-разработчик рабочей программы	<i>Ядерных реакторов и материалов</i>

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз.)
6	5	17	34	-	93	36
<b>Итого</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>93</b>	<b>36</b>

# 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели освоения дисциплины:** изучение основных методов расчета теплообмена путем решения задач теплопроводности, конвективного и лучистого теплообмена; овладение инженерными методами теплофизических, гидравлических, газодинамических расчетов и измерений физических характеристик твердых тел, жидких и газообразных сред.

## **Задачи освоения дисциплины:**

- изучение и понимание базовых принципов переноса тепла в твердых, жидких и газообразных средах; методов определения полей температур, скоростей и давлений в потоках теплоносителя;
- получение и закрепление теоретических знаний, необходимых для самостоятельной разработки и эксплуатации систем теплообменного оборудования ЯЭУ
- изучение принципов измерения основных теплофизических, гидравлических и газодинамических параметров (температуры, давления, расхода, уровня и др.);
- ознакомление с методами преобразования сигналов датчиков в электрические сигналы;
- получение навыков работы с аппаратурой;
- использование полученных знаний и навыков в выполнении лабораторных работ, на последующих семестрах и в учебной исследовательской работе на кафедре.

# 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Гидродинамика и теплообмен относится к обязательной части блока 1 обще-профессионального модуля учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

**Знание:** тепловыделение в активной зоне ядерного реактора и отвод тепла из нее; источники тепла в активной зоне; основные виды теплообмена (теплопроводностью, конвекцией, излучением); уравнение теплопроводности и методы его решения; начальные и граничные условия для процессов теплопроводности; основные уравнения конвективного теплообмена – уравнения энергии, движения и неразрывности; начальные и граничные условия; основные законы лучистого теплообмена (законы Кирхгофа, закон Стефана-Больцмана, законы смещения и излучения Вина и др.); теплообмен излучения между телами и в поглощающих, излучающих средах; инженерные методы тепловых, гидравлических и газодинамических расчетов при различных режимах течения; физическую сущность процессов кипения и конденсации жидких сред и их особенности теплообмена; методы инженерных расчетов теплообменного оборудования;

**Умение:** использовать основные законы теплообмена в профессиональной деятельности для определения температурных полей в активной зоне, парогенераторе и теплообменниках ЯЭУ и выполнения гидравлических расчетов технологических контуров математическими и инженерными методами; подготовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе технико-экономического анализа; правильно выбрать то или иное конструктивное решение для узлов и элементов ядерного реактора и теплообменного оборудования ЯЭУ

**Владение:** основами теории переноса тепла путем теплопроводности, конвекции и излучением; инженерными методами расчета активной зоны ядерного реактора теплообменного оборудования ЯЭУ; основами гидравлических расчетов технологических контуров и теплообменного оборудования ЯЭУ; методами измерения физических величин; навыками использования специальной научной литературой при постановке и решении задач.

Таблица 2.1 - Перечень предшествующих и последующих дисциплин, формирующих общекультурные и профессиональные компетенции

Код	Наименование компетенции	Составляющие компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции				
ПК-1	способность создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов	ПК-1.1 – знать основные законы в физике ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплопереноса	Математический анализ, Векторный и тензорный анализ, Интегральные уравнения, Линейная алгебра, Обыкновенные дифференциальные уравнения, Теория функций комплексного переменного, Техническая термодинамика	Теория переноса нейтронов, Инженерные расчеты и проектирование ЯУ, Теория переноса излучения, Физическая теория реакторов Асимптотические методы в физике, Высшие трансцендентные функции в физике, Динамика и безопасность ЯЭУ, Надежность и безопасность ЯЭУ, Методы проектирования Производственная (преддипломная) практика; Производственная (технологическая) практика; Подготовка и/или сдача государственного экзамена; Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.
		ПК-1.2 – уметь создавать теоретические и математические модели в предметной отрасли		
		ПК-1.3 – владеть навыками нахождения логических связей и обработки результатов научных исследований с применением компьютерных технологий		
ПК-2	способность к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов	ПК-2.1 – знать экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области	Техническая термодинамика	Теория переноса нейтронов, Инженерные расчеты и проектирование ЯУ, Теория переноса излучения, Физическая теория реакторов, Асимптотические методы в физике, Методы проектирования
		ПК-2.2 – уметь применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области		
		ПК-2.3 – владеть навыками описания анализа и обработки результатов научных исследований с применением компьютерных технологий		
ПК-3	способность использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, тер-	ПК-3.1 – знать нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплопереноса	Физика, Атомная физика, Ядерная физика, Техническая термодинамика	Теория переноса нейтронов, Инженерные расчеты и проектирование ЯУ, Теория переноса излучения,

	модинамики, гидродинамики и тепломассопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения	реноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов		Физическая теория реакторов, Производственная (преддипломная) практика; Производственная (технологическая) практика; Подготовка и/или сдача государственного экзамена; Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.
		ПК-3.2 – уметь создавать теоретические и математические модели в профессиональной области		
		ПК-3.3 – владеть навыками работы с современными расчетными программными средствами		

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов компетенций в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности).

Таблица 3.1 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения ОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина		Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Код компетенции	Содержание компетенции	Знать: Уметь: Владеть:
ПК-1	способность создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов	ПК-1.1 - знать основные законы в физике ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и тепломассопереноса; ПК-1.2 - уметь создавать теоретические и математические модели в предметной отрасли; ПК-1.3 - владеть навыками нахождения логических связей и обработки результатов научных исследований с применением компьютерных технологий.
ПК-2	способность к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразова-	ПК-2.1 - знать экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области; ПК-2.2 - уметь применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области; ПК-2.3 - владеть навыками описания анализа и обработки результатов научных исследований с применением компьютерных технологий.

	ния тепловой и ядерной энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов	
ПК-3	способность использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения	ПК-3.1 - знать нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов; ПК-3.2 - уметь создавать теоретические и математические модели в профессиональной области; ПК-3.3 - владеть навыками работы с современными расчетными программными средствами;

## 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетных единиц (ЗЕТ), 144 академических часов.

Таблица 4.1

Объём дисциплины по видам учебных занятий (в соответствии с учебным планом)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр
		б
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	4 (144)	
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
занятия лекционного типа	17	17
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	34	34
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: курсовое проектирование		
групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иные виды внеаудиторной контактной работы		
<b>Самостоятельная работа обучающихся**:</b>	<b>39</b>	<b>39</b>
изучение теоретического курса	39	39
расчетно-графические задания, задачи		
реферат, эссе		
курсовое проектирование		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	Экзамен (54)	Экзамен (54)

## Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

Таблица 4.2

№ модуля образовательной программы*	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, акад. часы					Формируемые компетенции	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Контроль		Всего часов
	1	Тепловыделение тепла в активной зоне и отвод тепла из нее	1	2	-	2	3	8	ПК-1, ПК-2, ПК-3.
	2	Уравнение теплопроводности и расчет температурных полей	3	6	-	4	6	19	
	3	Основные уравнения конвективного теплообмена. Конвективный теплообмен в однофазной среде	3	6	-	8	10	27	
	4	Теплообмен при ламинарном течении жидкости	3	6	-	8	10	27	
	5	Теплообмен при турбулентном течении жидкости	2	4	-	6	6	18	
	6	Теплообмен при фазовых превращениях	2	4	-	4	8	18	
	7	Теплообмен излучением	1	2	-	2	4	9	
	8	Теплообменные аппараты	2	4	-	5	7	18	
<b>Итого:</b>			<b>17</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>39</b>	<b>54</b>	<b>144</b>	

### 4.2 Содержание дисциплины

Удельный вес проводимых в активных и интерактивных формах проведения аудиторных занятий по дисциплине составляет не менее 50%.

#### Лекционный курс

Таблица 4.3

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Тепловыделение тепла в активной зоне и отвод тепла из нее	1	
2	2	Уравнение теплопроводности	1	
3		Расчет температурных полей	1	
4		Знакомство с нестационарными задачами теплопроводности	1	

5	3	Основные уравнения конвективного теплообмена	1	
6		Анализ конвективного теплообмена и движение жидкости методом подобия	1	
7		Конвективный теплообмен в однофазной среде	1	1
8	4	Теплообмен в круглой и плоской трубах при граничных условиях первого рода	1	1
9		Теплообмен в круглой и плоской трубах при граничных условиях второго рода	2	
10	5	Теплоотдача при турбулентном течении	2	
11	6	Физические особенности и теплообмен при кипении	1	1
12		Физические особенности и теплообмен при конденсации	1	
13	7	Законы теплового излучения. Лучистый теплообмен.	1	
14	8	Виды и расчет теплообменных аппаратов.	2	2
Итого:			17	5

### Практические занятия

Таблица 4.4

№ лекции	Номер раздела	Наименование практического занятия и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Тепловыделение тепла в активной зоне и отвод тепла из нее	2	
2	2	Уравнение теплопроводности	2	
3		Расчет температурных полей	2	
4		Знакомство с нестационарными задачами теплопроводности	2	
5	3	Основные уравнения конвективного теплообмена	1	
6		Анализ конвективного теплообмена и движение жидкости методом подобия	1	
7		Конвективный теплообмен в однофазной среде	4	2
8	4	Теплообмен в круглой и плоской трубах при граничных условиях первого рода	2	2
9		Теплообмен в круглой и плоской трубах при граничных условиях второго рода	4	
10	5	Теплоотдача при турбулентном течении	4	
11	6	Физические особенности и теплообмен при кипении	2	2
12		Физические особенности и теплообмен при конденсации	2	
13	7	Законы теплового излучения. Лучистый теплообмен	2	
14	8	Виды и расчет теплообменных аппаратов	4	4
Итого:			34	10

## Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрены

### Самостоятельная работа студента

Таблица 4.6

№ лекции	Номер раздела	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоем., академ. часов
1	1	Тепловыделение тепла в активной зоне и отвод тепла из нее	2
2	2	Уравнение теплопроводности	1
3		Расчет температурных полей	2
4		Знакомство с нестационарными задачами теплопроводности	1
5	3	Основные уравнения конвективного теплообмена	2
6		Анализ конвективного теплообмена и движение жидкости методом подобия	3
7		Конвективный теплообмен в однофазной среде	3
8	4	Теплообмен в круглой и плоской трубах при граничных условиях первого рода	4
9		Теплообмен в круглой и плоской трубах при граничных условиях второго рода	4
10	5	Теплоотдача при турбулентном течении	6
11	6	Физические особенности и теплообмен при кипении	2
12		Физические особенности и теплообмен при конденсации	2
13	7	Законы теплового излучения. Лучистый теплообмен.	2
14	8	Виды и расчет теплообменных аппаратов	5
Итого:			<b>39</b>

**Домашние задания, типовые расчеты и т.п.** (при наличии в учебном плане)

Учебным планом не предусмотрены

**Рефераты** (при наличии в учебном плане)

Учебным планом не предусмотрены

**Курсовые работы (проекты) по дисциплине** (при наличии в учебном плане)

Учебным планом не предусмотрены

## 5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии: лекции, практические занятия с использованием активных и интерактивных форм проведения занятий.

Интерактивное обучение реализуется как диалоговое обучение в ходе лекционных и практических занятий, что позволяет осуществлять взаимодействие между студентом и преподавателем, а также между самими студентами.

При выполнении практических работ преподаватель занимается лишь общей организацией и регулированием процесса интерактивного взаимодействия студентов в бригадах, на которые разбивается студенческая группа. Преподаватель, кроме того, готовит заранее необходимые

задания и формулирует вопросы для успешной реализации заданий, даёт консультации, контролирует время и порядок выполнения намеченного плана практического занятия. При решении задач практического занятия, студентам приходится вступать в коммуникацию друг с другом, совместно решать поставленные задачи, преодолевать конфликты, находить общие точки соприкосновения, идти на компромиссы. В результате, практические занятия позволяют интегрировать теоретические знания и практические умения.

Достижение планируемых результатов освоения дисциплины осуществляется за счет использования следующих образовательных технологий:

1. Информационные технологии – при применении компьютеров для использования электронных версий учебников, учебных пособий, методических указаний, журнальных статей и нормативной документации;

2. Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путем творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды.

3. Case-study - анализ реальных проблемных ситуаций, имевших место в ядерной энергетике и поиск вариантов лучших решений.

На всех видах контроля студент должен продемонстрировать стандартные профессиональные действия за счет самостоятельного добывания необходимых знаний, умений и компетенций для конкретной и ранее неизвестной ситуации, возникающей при эксплуатации реакторной техники.

Применяются вопросы с ветвлением допустимых решений, задачи на формирование прогноза, т.е. предполагаемых изменений в исходном объекте: «Что будет, если сделать то-то?».

При организации самостоятельной работы занятий используются методы самоуправляемой и самоконтролируемой познавательной деятельности через методы и технологии решения основ экономики ядерного топливного цикла.

## **6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)**

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

**Текущий контроль** студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем (ями), ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование;
- устные и письменные опросы;
- отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов.

**Промежуточный контроль** студентов производится в следующих формах:

- устные опросы.

**Итоговый контроль** по результатам семестров по дисциплине проходит в форме письменного экзамена (включает в себя входной контроль – ответ на основополагающие вопросы данного курса, ответ на теоретические вопросы и решение задач).

Экзамен проходит в письменной форме.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, перечислены в Приложении.

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 7.1 - Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

N п/п	Автор	Название	Место изда- ния	Наименование издательства	Год из- дания	Количество экземпляров
<b>Основная литература</b>						
1	Леонтьев А.И.	Теория тепломассо- обмена	Москва	МГТУ им. Н.Э. Баумана	2017	library.mephi.ru
2	Б.С. Петухов, Л.Г. Генин, С.А. Ковалев	Теплообмен в ядер- ных энергетических установках	Москва	МЭИ	2010	
3	Р.С Макин, В.К. Ризванов	Гидродинамика и теплообмен	Дмитровград		2010	
4	М.А. Михеев	Основы теплопереда- чи	Москва	Энергоиздат	1974	
5	Р.С Макин, В.К. Ризванов	Избранные задачи теплообмена	Дмитровград		2011	
6	Кириллов П.Л.	Справочник по теп- логидравлическим расчетам	Москва	Энергоатомиздат	1990	
7	Идельчик И.Е.	Справочник по гид- равлическим сопро- тивлениям	Москва	Машиностроение	1992	
<b>Дополнительная литература</b>						
1	Исаченко В.П.	Теплопередача	Москва	Энергия	1975	
2	Кириллов П.Л.	Тепломассообмен в ядерных энергетиче- ских установках	Москва	ИздАт	2008	
3	Кутателадзе С.С.	Теплопередача и гид- родинамические со- противления	Москва	Энергоатомиздат	1990	
4	Цедерберг Н.В., Морозова Н.А., Попов В.Н.	Термодинамические и теплофизические свойства гелия	Москва	Энергоатомиздат	1974	
5	Л.Г. Лойцян- ский	Механика жидкости и газа	Москва	Наука	1970	
6	Ф.Ф. Цветков, Р.В. Керимов, В.И. Величко	Задачник по тепло- массообмену	Москва	Издательский дом МЭИ	2008	
7	М.С. Лобасова, К.А. Финников	Тепломассообмен	Красноярск	ИПК СФУ	2009	
8	В.С. Жуковский	Основы теории теп- лопередачи	Ленинград	Энергия	1981	
9	Чиркин В.С.	Теплофизические свойства материалов ядерной техники	Москва	Атомиздат	1968	
10	Р.С Макин	Введение в элемен- тарную нелинейную динамику	Дмитровград		2012	

11	А.Ф.Грачев, З.Ш.Шамгунова	Основы теплогидравлики и теплообмена в ядерных энергетических установках	Димитровград		2002	
----	------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	--------------	--	------	--

### 7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. [library.mephi.ru/](http://library.mephi.ru/) (Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ)
2. [lanbook.com/ebs.php](http://lanbook.com/ebs.php) (Электронно-библиотечная система издательства «Лань»)

### 7.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Чтение лекций с использованием слайд-презентаций и графических объектов, выводимых на экран при проведении занятий всех форм.

## 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 1. Лекционные занятия:

Специального оснащения не требуется

- комплект электронных презентаций/слайдов,
- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук);
- наглядные пособия в виде отдельных электронных изделий.

#### 2. Практические занятия (семинарского типа):

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук);
- пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы),

#### 1. Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,

## 9 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

(Приводится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ).

Информация о контр. точках	Текущий контроль(<=25) (ТК)							Промежуточный контроль (<=30) (ПК)		Формат итогового контроля
	ТК <sub>1</sub>	ТК <sub>2</sub>	ТК <sub>3</sub>	ТК <sub>4</sub>	ТК <sub>5</sub>	ТК <sub>6</sub>	ТК <sub>7</sub>	ПК <sub>1</sub>	ПК <sub>2</sub>	
форма контроля	ПЗ	ПЗ	ПЗ	ПЗ	ПЗ	ПЗ	ПЗ	КР	КР	Экзамен
неделя сдачи	4	6	8	10	12	14	16	8	16	
макс. балл	2	2	3	3	5	5	5	15	15	40

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

УТВЕРЖДАЮ

Декан \_\_\_\_\_ факультета

\_\_\_\_\_  
*(в состав которого входит кафедра-составитель)*

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) .....
- 2) .....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
*(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).*

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_  
*наименование кафедры      личная подпись      расшифровка подписи      дата*

Декан

\_\_\_\_\_  
*наименование факультета, где производится обучение,      личная подпись      расшифровка подписи      дата*

Начальник УМУ

\_\_\_\_\_  
*личная подпись      расшифровка подписи      дата*

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина «Гидродинамика и теплообмен» является обязательной частью общепрофессионального модуля дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы. Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете ДИТИ НИЯУ МИФИ кафедрой «Ядерные реакторы и материалы».

Дисциплина нацелена на формирование профессиональных компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-3 выпускника.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современными представлениями об основе гидродинамики и теплообмена.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме устных и письменных вопросов и решения задач, промежуточный контроль в форме контрольных работ и итоговый контроль в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (17), практические (34), и (39) самостоятельной работы студента.

**Методические указания для самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов основывается на конспектах лекций, прочитанных преподавателем, основной и дополнительной литературе. При необходимости студенты могут консультироваться с преподавателем по тематике дисциплины, а также по другим смежным дисциплинам.

При желании студенты могут подготовить и представить на рассмотрение преподавателя реферат по интересующим их вопросам.

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 часа, из них 51 часа аудиторных занятий и 39 часов, отведенных на самостоятельную работу студента.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме.
Подготовка экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

В ходе изучения дисциплины студентам рекомендуется вечером того дня, когда было проведено занятие прочитать лекцию или просмотреть решение задач на семинаре, также за десять минут до начала лекции или семинара за 10 минут также прочитать предыдущую лекцию и просмотреть материалы семинара.

Данные рекомендации обусловлены исследованием Эббингауза.

В соответствии с кривой забывания Эббингауза разработаны следующие режимы повторения для наилучшего запоминания:

Режимы повторения для наилучшего запоминания:

Если есть два дня:

первое повторение — сразу по окончании чтения;

второе повторение — через 20 минут после первого повторения;

третье повторение — через 8 часов после второго;

четвертое повторение — через 24 часа после третьего.

Если нужно помнить очень долго:

первое повторение — сразу по окончании чтения;

второе повторение — через 20-30 минут после первого повторения;

третье повторение — через 1 день после второго;

четвертое повторение — через 2-3 недели после третьего;

пятое повторение — через 2-3 месяца после четвертого повторения

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ

### Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя

#### I. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: электронные лекции, использование мультимедийной техники, демонстрация аудиозаписей и видеofilьмов.

**Информационные технологии:** использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям и практическим занятиям.

#### II. Виды и содержание учебных занятий

##### Раздел 1. (Наименование раздела дисциплины)

**Теоретические занятия (лекции) -17 часов.**

**Раздел 1.** Тепловыделение тепла в активной зоне и отвод тепла из нее.

Лекция 1. Источники тепла в активной зоне. Распределение тепла в активной зоне. Отвод тепла из активной зоны.

**Раздел 2.** Уравнение теплопроводности и расчет температурных полей.

Лекция 2. Уравнение теплопроводности (Уравнение теплопроводности. Начальные и граничные условия. Методы решения уравнения теплопроводности).

Лекция 3. Расчет температурных полей. (Температурное поле в пластине. Температурное поле в сплошном цилиндре, Температурное поле в полой трубе (трубе). Температурное поле в шаре. Температурное поле в пластине и цилиндре с неоднородным распределением источников тепла. Контактное сопротивление. Температурное поле в плоском и цилиндрическом твэлах, защищенных оболочкой).

Лекция 4. Знакомство с нестационарными задачами теплопроводности (Нестационарное температурное поле в плоской пластине, цилиндрическом твэле, полубесконечном массиве).

**Раздел 3.** Основные уравнения конвективного теплообмена. Конвективный теплообмен в однофазной среде.

Лекция 5. Основные уравнения конвективного теплообмена (Уравнения энергии, движения и неразрывности. Система уравнений, описывающих движение жидкости и теплообмен. Начальные и граничные условия).

Лекция 6. Анализ конвективного теплообмена и движение жидкости методом подобия. (Метод подобия. Анализ задачи о движении и теплообмене методом подобия. Основные режимы течения и теплообмена. Числа подобия.)

Лекция 7. Конвективный теплообмен в однофазной среде. (Теплообмен в трубах, Вынужденное течение в каналах. Внешнее обтекание тел. Свободная и смешанная конвекция. Особенности теплообмена в жидких металлах. Теплообмен в околокритической области параметров состояния. Перенос тепла в газах при высоких скоростях.)

**Раздел 4.** Теплообмен при ламинарном течении жидкости.

Лекция 8. Теплообмен в круглой и плоской трубах при граничных условиях первого рода. (Теплообмен в круглой трубе при стабилизированном течении. Теплообмен в плоской трубе при стабилизированном течении. Теплообмен в гидродинамическом начальном участке круглой трубы.)

Лекция 9. Теплообмен в круглой и плоской трубах при граничных условиях второго рода. (Теплообмен в круглой трубе при постоянной плотности теплового потока на стенке. Теплообмен в круглой трубе при переменной по длине плотности теплового потока на стенке. Теплообмен в плоской трубе при постоянной плотности теплового потока на стенке.)

**Раздел 5.** Теплообмен при турбулентном течении жидкости.

Лекция 10. Теплоотдача при турбулентном течении. (Механизм турбулентности. Осредненные уравнения неразрывности, движения и энергии для турбулентных потоков. Коэффициенты турбулентного переноса количества движения и тепла. Полуэмперические уравнения для профиля скорости и коэффициента турбулентного переноса количества движения. Теплоотдача при турбулентном течении при граничных условиях первого и второго рода.)

**Раздел 6.** Теплообмен при фазовых превращениях.

Лекция 11. Физические особенности и теплообмен при кипении. (Механизмы процесса. Пузырьковое кипение. Кипение в большом объеме. Кризисы кипения.)

Лекция 12. Физические особенности и теплообмен при конденсации. (Физические процессы при конденсации. Капельная конденсация, Пленочная конденсация. Интенсификация теплообмена при конденсации.)

**Раздел 7.** Теплообмен излучением.

Лекция 13. Законы теплового излучения. Лучистый теплообмен. (Законы теплового излучения. Лучистый теплообмен между телами. Лучистый теплообмен в системе тел заполненной излучающей и поглощающей средой)

**Раздел 8.** Теплообменные аппараты.

Лекция 14. Виды и расчет теплообменных аппаратов. (Классификация теплообменных аппаратов. Основные положения и уравнения теплового расчета Теплообменные рекуперативные, регенеративные и смесительные аппараты. Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов. Расчет мощности необходимой для перемещения жидкости)

**Практические занятия - 34 часов.**

**Раздел 1.** Тепловыделение тепла в активной зоне и отвод тепла из нее.

Практическое занятие 1. Источники тепла в активной зоне.

**Раздел 2.** Уравнение теплопроводности и расчет температурных полей.

Практическое занятие 2. Уравнение теплопроводности (Уравнение теплопроводности. Начальные и граничные условия).

Практическое занятие 3. Расчет температурных поле. (Температурное поле в пластине. Температурное поле в сплошном цилиндре, Температурное поле в полом цилиндре (трубе). Температурное поле в шаре. Контактное сопротивление. Температурное поле в плоском и цилиндрическом твэлах, защищенных оболочкой).

Практическое занятие 4. Знакомство с нестационарными задачами теплопроводности.

**Раздел 3.** Основные уравнения конвективного теплообмена. Конвективный теплообмен в однофазной среде.

Практическое занятие 5. Основные уравнения конвективного теплообмена.

Практическое занятие 6. Анализ конвективного теплообмена и движение жидкости методом подобия. (Основные режимы течения и теплообмена. Числа подобия)

Практическое занятие 7. Конвективный теплообмен в однофазной среде. (Теплообмен в трубах, Вынужденное течение в каналах. Внешнее обтекание тел. Теплообмен при свободной конвекции в большом объеме возле вертикальной поверхности. Свободная конвекция около горизонтальной поверхности и в ограниченном пространстве)

**Раздел 4.** Теплообмен при ламинарном течении жидкости.

Практическое занятие 8. Теплообмен в круглой и плоской трубах при граничных условиях первого рода. (Теплообмен в круглой трубе при стабилизированном течении. Теплообмен в плоской трубе при стабилизированном течении.)

Практическое занятие 9. Теплообмен в круглой и плоской трубах при граничных условиях второго рода. (Теплообмен в круглой трубе при постоянной плотности теплового потока на стенке. Теплообмен в плоской трубе при постоянной плотности теплового потока на стенке.)

**Раздел 5.** Теплообмен при турбулентном течении жидкости.

Практическое занятие 10. Теплоотдача при турбулентном течении. (Теплоотдача при турбулентном течении при граничных условиях первого и второго рода)

**Раздел 6.** Теплообмен при фазовых превращениях.

Практическое занятие 11. Физические особенности и теплообмен при кипении. (Пузырьковое кипение. Кипение в большом объеме. Кризисы кипения)

Практическое занятие 12. Физические особенности и теплообмен при конденсации. (Физические процессы при конденсации. Капельная конденсация, Пленочная конденсация)

**Раздел 7.** Теплообмен излучением.

Практическое занятие 13. Законы теплового излучения. Лучистый теплообмен. (Законы теплового излучения. Лучистый теплообмен между телами. Лучистый теплообмен в системе тел заполненной излучающей и поглощающей средой)

**Раздел 8.** Теплообменные аппараты.

Практическое занятие 14. Виды и расчет теплообменных аппаратов. (Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов. Расчет мощности необходимой для перемещения жидкости)