

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»**  
**в г. Апатиты**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.ДВ.1.1 Теплообмен в атомных реакторах**

(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

**основной профессиональной образовательной программы**  
**по направлению подготовки**

**16.04.01 Техническая физика**  
**направленность (профиль) Теплофизика и молекулярная физика**

(код и наименование направления подготовки  
с указанием направленности (профиля) (наименования магистерской программы))

**высшее образование – магистратура**

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее образование –  
специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

**магистр**

квалификация

**очная**

форма обучения

**2018**

год набора

**Составитель:**  
Николаев В.Г., доцент, канд. физ.-мат.  
наук, зав. кафедрой физики, биологии и  
инженерных технологий



Утверждено на заседании кафедры физики,  
биологии и инженерных технологий  
(протокол № 8 от «15» июня 2018г.)

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_

подпись

В.Г.Николаев  
Ф.И.О.

**1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** – понимание обучающимися процессов переноса теплоты и массы протекающих в аппаратах, в технологических процессах и технологических установках, привитие технического взгляда на окружающий мир, технического образа мышления.

В результате освоения дисциплины «Теплообмен в атомных реакторах» обучающийся должен:

**знать:**

- основные принципы математического моделирования тепломассообменных процессов и установок

**уметь:**

1. самостоятельно анализировать процессы тепломассообмена;
2. принимать оптимальные решения при конструировании и эксплуатации тепломассообменного оборудования энергетических установок

**владеть:**

- основными методами компьютерного моделирования в современных расчетных комплексах и обработкой данных.

## **2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- способность к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов (в соответствии с целями программы магистратуры) (ОПК1);

- готовность осваивать и применять современные физико-математические методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов (ПК-7)

## **3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Данная дисциплина относится к вариативной части блока Б1.В основной образовательной программы подготовки магистров 16.04.01 Техническая физика.

Дисциплина «Теплообмен в атомных реакторах» базируется на следующих дисциплинах: "Математика", "Физика", "Механика", "Информационные технологии".

## **4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы или 180 часов (из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час.)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интер-активной форме	Кол-во часов на СРС	Курсовые работы	Кол-во часов на контроль	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ						
1	2	5	180	12	24	-	36	24	108	-	36	экзамен
<b>Итого:</b>		<b>5</b>	<b>180</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>108</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>экзамен</b>

В интерактивной форме часы используются в виде: терминологического теста и устного опроса.

### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	СРС Кол-во часов на	Кол-во часов на контроль
		ЛК	ПР	ЛБ				
1.	Основные уравнения теплообмена	2	-	-	2	-	12	
2.	Теплопроводность в ядерном реакторе	2	6	-	8	6	12	
3.	Конвективный теплообмен в ядерном реакторе	2	6	-	8	6	12	
4	Расчет теплофизических параметров элементов активной зоны	2	6	-	8	6	12	
5	Расчет коэффициентов теплоотдачи с поверхности ТВЭЛ	2	6	-	8	6	12	
6	Теплоотдача жидких металлов	2	-	-	2	-	12	
7	Теплоотдача при кипении	-	-	-	-	-	20	
8	Распределение температуры	-	-	-	-	-	16	
	<b>Экзамен</b>	-	-	-	-	-	-	<b>36</b>
	<b>Итого:</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>108</b>	<b>36</b>

## Содержание дисциплины

### РАЗДЕЛ 1. Основные уравнения тепломассообмена

Введение. Цели и задачи освоения дисциплины. Вязкость. Расход жидкости. Уравнение неразрывности потока. Статическое давление. Уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности. Уравнение движения.

### РАЗДЕЛ 2. Теплопроводность в ядерном реакторе

Температурное поле. Температурный градиент. Тепловой поток. Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность при стационарном режиме. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла.

### РАЗДЕЛ 3. Конвективный теплообмен в ядерном реакторе

Факторы, влияющие на теплоотдачу. Моделирование процессов конвективного теплообмена. Теплоотдача в однофазной среде при свободном движении жидкости (естественная конвекция). Теплоотдача в однофазной среде при вынужденном течении жидкости. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб. Теплоотдача жидких металлов. Теплоотдача при кипении.

### РАЗДЕЛ 4. Расчет теплофизических параметров элементов активной зоны

Расчет удельных значений тепловыделения по длине технологического канала (ТК). Расчет параметров теплоносителя по длине ТК и количества теплоты, выделяющейся на отдельных участках и в центральном ТК.

### РАЗДЕЛ 5. Расчет коэффициентов теплоотдачи с поверхности ТВЭЛ

Расчет коэффициентов теплоотдачи с поверхности ТВЭЛ. Расчет распределения температуры в ТВЭЛ. Распределение температуры в блоке замедлителя. Распределение температуры в органах регулирования.

### РАЗДЕЛ 6. Теплоотдача жидких металлов

Межканальный обмен и его характеристики Поля температур и теплообмен в центральных зонах ТВС. Пузырьковое кипение металлов в большом объеме.

### РАЗДЕЛ 7 Теплоотдача при кипении

Режимы кипения в большом объеме (кривая кипения). Два вида перехода от пузырькового режима к пленочному. Расчет теплоотдачи при кипении.

### РАЗДЕЛ 8. Распределение температуры

Распределение температуры в блоке замедлителя. Распределение температуры в органах регулирования.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Основная литература

1. Широков С. В. Физика ядерных реакторов: учебное пособие [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=110106&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=110106&sr=1)

### Дополнительная литература

2. Солонин, В.И. Ядерные реакторные установки / В.И. Солонин ; Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана. - М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 88 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=340457](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=340457)

3. Апсэ, В.А. Ядерные технологии : учебное пособие / В.А. Апсэ, А.Н. Шмелев ; Федеральное агентство по образованию, Московский Инженерно-Физический Институт (Государственный Университет). - М. : МИФИ, 2008. - 128 с. - [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=237951

## **7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В образовательном процессе используются:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), комплект мультимедийного оборудования, включающий мультимедиапроектор, экран, переносной ноутбук для демонстрации презентаций; учебно-наглядные пособия; обеспечивающие тематические иллюстрации);

- помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерными столами, стульями, доской аудиторной, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);

- помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (оснащены наборами инструментов, оборудованием, расходными материалами для монтажа, ремонта и обслуживания информационно-телекоммуникационной сети филиала и вычислительной техники);

- лаборатория информационных технологий (оснащена компьютерными столами, стульями, мультимедийным проектором, экраном проекционным, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета).

### **7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

1. Microsoft Windows.
2. Microsoft Office / LibreOffice.

### **7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

ЭБС «Издательство Лань»[Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;

ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;

ЭБС «Университетская библиотека онлайн»[Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>.

### **7.3 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ**

1. Электронная база данных Scopus.

#### **7.4 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс  
<http://www.consultant.ru/>
2. Электронный справочник "Информо" для высших учебных заведений  
<http://www.informio.ru/>

#### **8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ**

Не предусмотрено.

#### **9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ**

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.