

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Димитровградский инженерно-технологический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель руководителя

_____ Т.И. Романовская
«__» _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.02.01 Энергооборудование ядерных энергетических установок

Специальность подготовки *14.05.01 ЯДЕРНЫЕ РЕАКТОРЫ И МАТЕРИАЛЫ*

Квалификация выпускника *Инженер-физик*

Специализация *Ядерные реакторы*

Форма обучения *очная*

Выпускающая кафедра *Ядерных реакторов и материалов*

Кафедра-разработчик рабочей программы *Ядерных реакторов и материалов*

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Контроль	Форма промежуточного контроля (экз., час./зачет)
7	4	17	34	-	93	0	зачет
8	4	17	34	-	57	36	экзамен
Итого	8	34	68	-	150	36	

Димитровград
2023 г.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины: формирование знаний и умений, реализуемых в практической деятельности, связанной с вопросами получения знаний по устройству, принципам действия и функциональному назначению основного энергооборудования атомных электростанций студентами направления 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы».

Задачи:

- освоение специалистами теоретических и технических вопросов, связанных с конструкцией, схемами и характеристиками основного оборудования ЯЭУ;
- освоение методов расчета теплогидравлических характеристик теплообменного оборудования;
- изучение энергетических циклов и принципиальных схем паротурбинных и газотурбинных ядерных энергетических установок;
- использования полученных знаний для решения конкретных задач, для сравнительных оценок в ситуационных обстоятельствах и при принятии альтернативных решений;
- развитие навыков самостоятельной работы по углубленному изучению курса.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ООП ВО по направлению подготовки:

Код компетенции	Наименование компетенции
З-ПК-11	Знать требования к организации труда
У-ПК-11	Уметь организовывать рабочее места, их техническое оснащение, размещение Технологического оборудования
У-ПК-11	Владеть требованиями безопасности технических регламентов в сфере Профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать:

- технические особенности и основные характеристики энергооборудования ЯЭУ, режимы работы и эксплуатационные пределы
- принципы функционирования основного энергооборудования ядерных установок;
- основное оборудование ЯЭУ и принципы его компоновки (турбины, парогенераторы, теплообменники, циркуляционные насосы);;

.

Уметь:

- применять знания для наладки, настройки и опытной проверки оборудования
- разрабатывать техническую документацию на энергооборудование ЯЭУ в соответствии с нормативными требованиями.

Владеть:

- навыками использования основных тепло-вых и электрических физических законов
- необходимыми навыками обращения с оборудованием, достаточными для его нормальной эксплуатации

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие профессиональные компетенции:

способен к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования (ПК-11)

3 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Энергооборудование ядерных энергетических установок относится к вариативной (базовой или вариативной) части профессионального модуля учебного плана.

общая трудоемкость изучаемой дисциплины составляет 288 часов (8 ЗЕТ), из них 102 часа аудиторных занятий и 150 часов самостоятельной работы.

4 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	- формирование ответственности за обеспечение безопасной эксплуатации оборудования объектов атомной отрасли (В31);	1. Формирование культуры работы на объектах атомной отрасли, обеспечивающей безопасную эксплуатацию оборудования, в том числе радиационную и экологическую посредством содержания дисциплин и учебных заданий, рефератов, дискуссий по вопросам ядерной безопасности (дисциплины «Энергооборудование ядерных энергетических установок», «Исследовательские реакторы», «Динамика и безопасность ядерных энергетических установок» и др.). 2. Формирование культуры безопасности при работе на экспериментальных и промышленных установках высокой мощности и имеющими по-

		вышенный уровень опасности через выполнение студентами практических и лабораторных работ..
--	--	--

5 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 8 зачетных единиц (ЗЕТ), 288 академических часов.

Таблица 5.1

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

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр*	
		7	8
Общая трудоемкость дисциплины	8 (288)		
Контактная работа с преподавателем:			
занятия лекционного типа		17	17
практические занятия		17	17
лабораторные работы		17	17
Самостоятельная работа обучающихся**:	150	93	57
изучение теоретического курса	150	93	57
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		зачет	экзамен

Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

Таблица 5.2

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, включая самостоятельную работу студентов, акад. часы						Формируемые индикаторы освоения компетенций
		Недели	Лекции	Практические занятия	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Самостоятельная работа	Всего часов	
1	Часть 1	1-8	8	16	к.р. -8	46	70	З-ПК-11 У-ПК-11 У-ПК-11
2	Часть 2	9-17	9	18	к.р - 17	47	74	З-ПК-11 У-ПК-11 У-ПК-11
3	Часть 3	1-8	8	16	к.р. -8	29	53	З-ПК-11 У-ПК-11 У-ПК-11
4	Часть 4	9-17	9	18	к.р - 17	28	55	З-ПК-11 У-ПК-11 У-ПК-11
Итого за 7 семестр			17	34		93	144	
Итого за 8 семестр			17	34		57	144	

Контрольные мероприятия за 7 семестр		17	34	зачет	93	144	3-ПК-11 У-ПК-11 У-ПК-11
Контрольные мероприятия за 8 семестр		17	34	экзамен	57		3-ПК-11 У-ПК-11 У-ПК-11

Лекционный курс

Таблица 5.3

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц*	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
Часть 1				
Введение. Проектные пределы. Понятия о системах безопасности				
1	1	Введение в курс. Постановка целей и задач курса	1	1
2	2	Реакторные установки ВВЭР и PWR	1	1
3	2	Реакторные установки ВК и BWR	1	1
4	2	Реакторные установки БН и АСТ	1	1
5	2	Тепловые и гидравлические процессы в реакторах	1	1
6	2	Развитие реакторов данного типа. Достигнутые параметры ЯЭУ	1	1
7	3	Проектные ограничения и пределы. Понятия об авариях на ЯЭУ	1	1
8	3	Защитные, локализирующие, управляющие и обеспечивающие системы безопасности	1	1
Часть 2				
Системы безопасности. Насосы. Элементарные понятия о теплообменниках				
9	3	Конкретные виды систем безопасности на действующих ЯЭУ	1	1
10	3	Пути повышения безопасности ЯЭУ	1	1
11	4	Принцип действия и схемы циркуляционных и осевых насосов	1	1
12	4	Принцип действия и схемы струйных и плунжерных насосов	1	1
13	4	Основные характеристики насосов. Моделирование характеристик циркуляционных насосов и сети. Кавитация и кавитаци-	1	1

		онный запас. Последовательная и параллельная работа насосов		
14	4	Конструкции главных циркуляционных насосов ВВЭР, РБМК и БН-реакторов. Конденсатные и питательные насосы	1	1
15	5	Основные типы теплообменников	1	1
16	5	Теплообмен и гидродинамика в парогенераторах АЭС. Кризис теплообмена	1	1
17	5	Основы теплогидравлического расчета парогенераторов	1	1
18	5		1	1
Часть 3				
Системы с естественной циркуляцией. Турбины				
19	5	Расчет систем с естественной циркуляцией теплоносителя	1	1
20	5	Влияние «обратной связи», устойчивость реактора. Температурная обратная связь.	1	1
21	6	Типы турбин. Особенности их использования на АЭС (АТЭЦ)	1	1
22	6	Процесс расширения пара в турбине. Внутренний относительный КПД турбины. Тепловая мощность турбины	1	1
23	6	Система регенеративного подогрева питательной воды и ее влияние на КПД установки	1	1
24	6	Основы расчета тепловой схемы паротурбинной установки	1	1
25	6		1	1
Часть 4				
Оборудование турбоустановки. Сепарации пара. Локализирующая арматура				
26	6	Характеристики основного оборудования паротурбинной установки: промежуточных сепараторов-пароперегревателей, конденсаторов, подогревателей низкого и высокого давления, деаэраторов	1	1
27	7	Основные закономерности гравитационной сепарации пара и ее возможно-	1	1

		сти. Пути и средства повышения эффективности гравитационной сепарации пара		
28	7	Жалюзийные осушители пара	1	1
29	7	Осевые центробежные и циклонные сепараторы пара	1	1
30	7	Сепарационные системы реакторов ВВР и ВК, парогенераторов ВВЭР и РВР	1	1
31	8	Разделение арматуры АЭС по назначению. Типовые конструкции и характеристики запорной, регулирующей и дросселирующей арматуры	1	1
32	8	Предохранительные клапаны и устройства. Выбор количества, пропускной способности и уставок на срабатывание предохранительных клапанов	1	1
33	8	Арматура для локализации аварий на ЯЭУ	1	1
34	8	Общие технические требования к арматуре	1	1
Итого:			34	34

Практические занятия

Таблица 5.4

№ Занятия	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц*	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
Часть 1				
Введение. Проектные пределы. Понятия о системах безопасности				
1	1	Введение в курс. Постановка целей и задач курса	1	1
2	2	Реакторные установки ВВЭР и РВР	1	1
3	2	Реакторные установки ВК и ВВР	1	1
4	2	Реакторные установки БН и АСТ	1	1
5	2	Тепловые и гидравлические процессы в реакторах	1	1
6	2	Развитие реакторов данного типа. Достигнутые параметры ЯЭУ	1	1
7	3	Проектные ограничения	1	1

		и пределы. Понятия об авариях на ЯЭУ		
8	3	Защитные, локализующие, управляющие и обеспечивающие системы безопасности	1	1
Часть 2				
Системы безопасности. Насосы. Элементарные понятия о теплообменниках				
9	3	Конкретные виды систем безопасности на действующих ЯЭУ	1	1
10	3	Пути повышения безопасности ЯЭУ	1	1
11	4	Принцип действия и схемы циркуляционных и осевых насосов	1	1
12	4	Принцип действия и схемы струйных и плунжерных насосов	1	1
13	4	Основные характеристики насосов. Моделирование характеристик циркуляционных насосов и сети. Кавитация и кавитационный запас. Последовательная и параллельная работа насосов	1	1
14	4	Конструкции главных циркуляционных насосов ВВЭР, РБМК и БН-реакторов. Конденсатные и питательные насосы	1	1
15	5	Основные типы теплообменников	1	1
16	5	Теплообмен и гидродинамика в парогенераторах АЭС. Кризис теплообмена	1	1
17	5	Основы теплогидравлического расчета парогенераторов	1	1
18	5		1	1
Часть 3				
Системы с естественной циркуляцией. Турбины				
19	5	Расчет систем с естественной циркуляцией теплоносителя	1	1
20	5	Влияние «обратной связи», устойчивость реактора. Температурная обратная связь.	1	1
21	6	Типы турбин. Особенности их использования на АЭС (АТЭЦ)	1	1
22	6	Процесс расширения	1	1

		пара в турбине. Внутренний относительный КПД турбины. Тепловая мощность турбины		
23	6	Система регенеративного подогрева питательной воды и ее влияние на КПД установки	1	1
24	6	Основы расчета тепловой схемы паротурбинной установки	1	1
25	6		1	1
26	6	Характеристики основного оборудования паротурбинной установки: промежуточных сепараторов-пароперегревателей, конденсаторов, подогревателей низкого и высокого давления, деаэраторов	1	1
Часть 4				
Оборудование турбоустановки. Сепарации пара. Локализирующая арматура				
27	7	Основные закономерности гравитационной сепарации пара и ее возможности. Пути и средства повышения эффективности гравитационной сепарации пара	1	1
28	7	Жалюзийные осушители пара	1	1
29	7	Осевые центробежные и циклонные сепараторы пара	1	1
30	7	Сепарационные системы реакторов BWR и ВК, парогенераторов ВВЭР и PWR	1	1
31	8	Разделение арматуры АЭС по назначению. Типовые конструкции и характеристики запорной, регулирующей и дросселирующей арматуры	1	1
32	8	Предохранительные клапаны и устройства. Выбор количества, пропускной способности и уставок на срабатывание предохранительных клапанов	1	1
33	8	Арматура для локализации аварий на ЯЭУ	1	1
34	8	Общие технические требования к арматуре	1	1
Итого:			34	34

Самостоятельная работа студента

Таблица 4.6

Раздел дисциплины	Вид самостоятельной работы студента (СРС)	Трудоемкость, часов
1	Цели и задачи дисциплины	10
2	Конструкции, схемы и характеристики основных типов ЯЭУ	15
3	Системы безопасности ЯЭУ	15
4	Насосы ЯЭУ	20
5	Основное теплообменное оборудование ЯЭУ	30
6	Общие характеристики паротурбинных установок ЯЭУ	25
7	Сепарационные системы ЯЭУ	20
8	Арматура АЭС	15
ИТОГО:		150

6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий они проводятся в форме лекций и практических (семинарских) занятий. Для контроля усвоения студентом разделов данного курса широко используются тестовые технологии.

Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к занятиям.

Предполагается использование современных образовательных технологий: компьютерная рассылка заданий, лекций и разбор опорных практических задач.

Для проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда НИЯУ МИФИ – Режим доступа <https://eis.mephi.ru/>;
- платформа для проведения online конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/>;
- файлообменная система Google Диск – Режим доступа <https://drive.google.com/>;
- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- социальная сеть ВКонтакте;
- электронная почта преподавателей и студентов.

7 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

Текущая и промежуточная аттестации студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

Текущая аттестация:

- выполнение письменных домашних заданий;
- выполнение индивидуальных расчетов;
- устные опросы;
- тестирование;

Промежуточная аттестация:

- две контрольные работы в течение семестра.

Итоговый контроль по результатам семестра по дисциплине проходит в форме зачета.

Список учебно-методических материалов для проведения текущей и промежуточной аттестации включает:

- индивидуальные расчетные задания;
- контрольные работы;
- контрольные тесты.
-

8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№ п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
Основная литература						
	В. И. Слободчук, С.Т. Лескин, А.С. Шелегов, Д.Ю. Кашин	Основные системы энергоблока с реактором ВВЭР-1000	Москва	НИЯУ МИФИ	2021	1 [электронный ресурс] Режим доступа: http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?P21DBN=BOOK&I21DBN=BOOK&S21FMT=fullweb&C21COM=S&S21ALL=(%3C.%3EI%3D%D0%AD%D0%98%2F%D0%9E-75-014830%24%3C.%3E)
1	Дементьев Б.А.	Ядерные энергетические реакторы	Москва	Энергоиздат	1990	1 http://www.twirpx.com/file/1093936/
2	Емельянов И.Я.	Конструирование ядерных реакторов	Москва	Энергоиздат	1982	1 http://www.twirpx.com/file/59568/
3	Зорин В.М.	Атомные электростанции: основной технологический процесс	Москва	МЭИ	2008	1 http://www.twirpx.com/file/1497993/

4	Петухов Б.С.	Теплообмен в ядерных энергетических установках	Москва	Атомиздат	1974	1 http://www.twirpx.com/file/49056/
5	Рассохин Н.Г.	Парогенераторные установки атомных электростанций	Москва	Энергоатомиздат	1987	1 http://lib.wwer.ru/ekspluatatsiya-aes/parogeneratornyieustanovki-atomnykh/
Дополнительная литература						
1	Кириллов П.Н.	Теплообмен в ядерных энергетических установках	Москва	Энергоатомиздат	2000	1 http://www.twirpx.com/file/163703/
2	Благов Э.Е.	Дроссельно-регулирующая арматура в энергетике	Москва	«Энергия»	1974	1 http://www.twirpx.com/file/54525/
3	Пак П.Н.	Насосы АЭС: справочное пособие		Энергоатомиздат	1989	1 http://www.twirpx.com/file/1190080/

8.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Таблица 8.2 – Рекомендуемые электронно-библиотечные системы

№	Наименование ресурса
1	http://www.library.mephi.ru/
2	https://e.lanbook.com/
3	ЭБС НИЯУ МИФИ
4	ЭБС «Лань»
5	ЭБС «Консультант студента»
6	ЭБС «ЮРАЙТ»

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8.3 – Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	Наименование	Краткое описание
1	Windows 10 Pro	Операционная система
2	Microsoft Office	Пакет офисных приложений
3	Браузеры: Internet Explorer 10, Internet Explorer 9, Internet Explorer 8, FireFox 10, Safari 5, Google Chrome 17	Специальные программы для просмотра веб-страниц, поиска контента, файлов и их каталогов в Интернете

4	Антиплагиат.ВУЗ	Интернет-сервис для вузов, предназначенный для оценки степени самостоятельности письменных работ обучающихся
---	-----------------	--

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Технические средства обучения: компьютеры (монитор, системный блок, клавиатура, мышка)

10 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 N 245);

- Положением об организации обучения студентов-инвалидов и студентов с ограниченными возможностями здоровья в НИЯУ МИФИ, утвержденным 29.08.2017г.;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).