



Министерство науки
и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
Институт дистанционного
и дополнительного образования



УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИДДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шиндина Т.А.
	Идентификатор	Rd0ad64b2-ShindinaTA-e12224c9

(подпись)

Т.А. Шиндина
(расшифровка подписи)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
повышения квалификации

Наименование программы	Основные системы современных токамакаков
Форма обучения	очная
Выдаваемый документ	удостоверение о повышении квалификации
Новая квалификация	не присваивается
Центр ДО	Кафедра "Общей физики и ядерного синтеза"

Зам. начальника
ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крамской И.С.
	Идентификатор	R45006172-KramskoyIS-36bfc414

И.С. Крамской

Начальник ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Селиверстов Н.Д.
	Идентификатор	Rf19596d9-SeliverstovND-39ee0b7

Н.Д.
Селиверстов

Начальник ФДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Малич Н.В.
	Идентификатор	R13696f6e-MalichNV-45fe3095

Н.В. Малич

Руководитель ОФияС

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

Москва

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Цель: изучение конструкции, методов удержания и нагрева высокотемпературной плазмы, способов решения физико-технических и инженерных проблем современных термоядерных установок с магнитным удержанием плазмы типа токамак.

Программа составлена в соответствии:

- с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, утвержденным приказом Минобрнауки от 27.03.2018 г. № 214, зарегистрированным в Минюсте России 13.04.2018 г. № 50770.

- с Профессиональным стандартом 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденным приказом Минтруда 04.03.2014 г. № 121н, зарегистрированным в Минюсте России 21.03.2014 г. № 31692, уровень квалификации 7.

Форма реализации: обучение с применением дистанционных образовательных технологий.

Форма обучения: очная.

Режим занятий:

Расписание занятий по дополнительной образовательной программе может устанавливаться в зависимости от набора в группы. Конкретные даты проведения занятий указываются в договоре на оказание образовательных услуг. Данные расписания хранятся в электронной системе учета хода реализации программы. При любом графике занятий учебная нагрузка устанавливается не более 40 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

Требования к уровню подготовки слушателя, необходимые для освоения программы: лица, желающие освоить дополнительную профессиональную программу, должны иметь высшее образование или СПО. Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца, при этом удостоверение о повышении квалификации выдается после предоставления соответствующего подтверждающего документа о получении соответствующего уровня образования..

Выдаваемый документ: при успешном прохождении программы и сдаче итоговой аттестации выдается удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

Срок действия итоговых документов

Срок действия итоговых документов регламентируется на основе правил по работе с персоналом в сфере деятельности данной программы, устанавливается на основе содержания программы и составляет (в годах): бессрочно.

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

2.1. Компетенции

В результате освоения дополнительной образовательной программы слушатель должен обладать компетенциями (табл. 1).

Таблица 1

Компетентностно-ориентированные требования к результатам освоения программы

Компетенция	Требования к результатам
ОПК-1: Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	Знать: - конструкции реализуемых проектов термоядерных экспериментальных реакторов.
	Уметь: - принимать обоснованные технические решения при проектировании и эксплуатации систем термоядерного экспериментального реактора на основе токамака.
	Владеть: - базовыми представлениями о физико-технических процессах в современных токамаках.

В результате освоения программы слушатель должен быть способен реализовывать трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом (табл. 2).

Уровень квалификации 7.

Таблица 2

Практико-ориентированные требования к результатам освоения программы

Трудовые функции	Требования к результатам
40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	
ПК-32/D/03.7/1 способен координировать деятельность соисполнителей, участвующих в выполнении работ с другими организациями	Трудовые действия: - Разработка мероприятий по координации деятельности соисполнителей, участвующих в выполнении работ с другими организациями; - Подготовка и представление руководству отчетов о реализации планов мероприятий по координации деятельности соисполнителей, участвующих в выполнении работ с другими организациями; - Контроль реализации планов мероприятий по координации деятельности соисполнителей, участвующих в выполнении работ с другими организациями; - Анализ результатов работ соисполнителей, участвующих в выполнении работ с другими организациями.

	<p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и опытно-конструкторских разработок; - Анализировать научную проблематику соответствующей области знаний; - Применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний.
	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методы, средства и практика планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и опытно-конструкторских разработок; - Научная проблематика соответствующей области знаний; - Отечественная и международная нормативная база в соответствующей области знаний.

2.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

Не предусмотрено

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ (РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ))

3.1. Трудоемкость программы

Трудоемкость программы включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы составляет:

- 5 зачетных единиц;
- 180 ак. ч.

Структура программы с указанием наименования дисциплин (модулей) и их трудоемкости представлена в табл. 3.

Учебный план дополнительной образовательной программы представлен в приложение А., являющийся неотъемлемой частью программы.

Таблица 3

Структура программы и формы аттестации

№	Наименование	а	б	в	г	д	е	Форма аттестации
---	--------------	---	---	---	---	---	---	------------------

	дисциплин (модулей)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14
		всего	аудиторные занятия	электронное обучение	обучение с ДОТ	контроль				текущий контроль (тест, опрос и пр.)	промежуточная аттестация (зачет, экзамен, защита отчета о стажировке)	итоговая аттестация (итоговый зачет, итоговый экзамен, доклад по результатам стажировки, итоговый аттестационный экзамен, итоговая аттестационная работа)
1	Основные системы современных токамаков	178	120	94		26		58			Зачет	
1.1.	Электрические системы термоядерных установок	30	20	12		8		10				
1.2.	Вакуумные системы плазменных установок	28	20	20				8		Перекрестный опрос		
1.3.	Теплообмен в термоядерных установках	30	20	20				10		Перекрестный опрос		
1.4.	Криогенные и сверхпроводящие системы термоядерных установок	30	20	20				10				
1.5.	Основные системы токамака	32	20	10		10		12		Перекрестный опрос		
1.6.	Нейтронная физика управляемого термоядерного синтеза	28	20	12		8		8				
2	Итоговая аттестация	20	03				03	17				Итоговый зачет
	ИТОГО:	18000	12003	940	0	26	03	5970	0			

3.2. Содержание программы (рабочие программы дисциплин (модулей))

Содержание дисциплин (модулей) представлено в табл. 4.

Таблица 4

Содержание дисциплин (модулей)

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
1.	Основные системы современных токамаков	
1.1.	Электрические системы термоядерных установок	Высокотемпературная плазма. Электрическое поле. Магнитное поле. Магнитная изоляция. Электромагнитная система. Сверхпроводимость. Технические сверхпроводники. Мощность, активная и реактивная. Токамак (по данным ИТЭР) как нагрузка для электросистемы. Источники электропитания в системе электрооборудования (по данным ИТЭР).
1.2.	Вакуумные системы плазменных установок	Основные понятия и область применения вакуумной техники. Физические процессы в вакууме. Явления переноса. Режимы течения газа в вакууме. Принципы вакуумной откачки. Молекулярная, сорбционная и криосорбционная откачка. Расчет и проектирование вакуумных систем. Типовые вакуумные системы. Методика выбора средств откачки и основных элементов вакуумной системы. Технология высокого вакуума. Методы измерения общих и парциальных давлений. Методы и средства течеискания.
1.3.	Теплообмен в термоядерных установках	Термоядерные экспериментальные установки и реакторы. Термостабилизированные компоненты установок. Системы охлаждения и термостабилизации. Режимы течения и теплообмена. Особенности течения и теплообмена в термоядерных реакторах и установках. Методы интенсификации теплообмена и критических тепловых потоков при кипении. Основы экспериментальных и численных методов исследования теплообмена и гидродинамики. Выполнение лабораторной работы. Система водяного охлаждения реактора ИТЭР.
1.4.	Криогенные и сверхпроводящие системы термоядерных установок	Основные понятия. Классификация криогенных систем: рефрижераторы, ожижители, разделительные установки. Термомеханические методы получения низких температур. Дросселирование. Детандирование. Общие принципы построения схем криогенных установок. Сверхпроводящие магнитные системы экспериментальных термоядерных установок. Физические основы явления сверхпроводимости. Технология изготовления сверхпроводящих кабелей. Структура, состав и режимы работы сверхпроводящих систем термоядерных установок и реакторов. Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		термоядерных установок (ЭТУ) и реакторов. Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы. Криогенный комплекс ИТЭР.
1.5.	Основные системы токамака	Токамаки как практические устройства управляемого ядерного синтеза, вращательное преобразование, запас устойчивости. МГД-неустойчивости токамака. Винтовые неустойчивости. Неустойчивости срыва. Неустойчивости типа ЭЛМ. Материалы первой стенки токамака. Проблемы диверторных пластин и первой стенки токамака-реактора. Радиационный бланкет. Проблемы стационарного токамака: способы поддержания тока, ввод топлива и удаление гелия и примесей. Источники примесей в плазменных установках. Основные последствия присутствия примесей в плазме.
1.6.	Нейтронная физика управляемого термоядерного синтеза	Физические свойства нейтрона. Реакции взаимодействия нейтронов с веществом. Кинетическое уравнение Больцмана (уравнение переноса излучений) и методы его решения. Радиационные повреждения конструкционных материалов. Топливный цикл ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер. Проблемы ядерной энергетики и термоядерный источник нейтронов (ТИН). Методы регистрации нейтронов и других видов ядерного излучения.

Аннотации рабочих программ дисциплин (модулей) представлены в приложении Б.

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Информация о практической подготовке в структуре дополнительной образовательной программы представлена в приложение В.

В рамках учебного плана дополнительной образовательной программы используются традиционные образовательные технологии, а также интерактивные технологии, представленные в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика образовательной технологии

Наименование	Краткая характеристика
<i>Не предусмотрено</i>	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

5.1. Текущий контроль

Текущий контроль проводится в соответствии с характеристиками контрольных заданий и представлен в Таблице 1 приложения Г.

5.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по программе проводится в форме зачета, экзамена или отчета о стажировке в соответствии с учебным планом. Характеристика заданий представлена в Таблице 2 приложения Г.

5.3. Итоговая аттестация

Итоговая аттестация по программе проводится в форме . Характеристика заданий представлена Таблице 3 приложения Г.

5.4. Независимый контроль качества обучения

Порядок независимой оценки качества дополнительной образовательной программы представлен в приложении Г.

6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение

а) литература НТБ МЭИ:

1. Дедов, А. В. Теплообмен и гидродинамика в термоядерных установках : задачник по курсу "Теплообмен и гидродинамика в термоядерных установках" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / А. В. Дедов, А. В. Захаренков, Ю. В. Вершинина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). – Москва : Изд-во МЭИ, 2023. – 48 с. – ISBN 978-5-7046-2749-4.

[http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=12384;](http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=12384)

2. Мирнов, С. В. Физические процессы в плазме токамака / С. В. Мирнов. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 185 с..

б) литература ЭБС и БД:

1. Д. Роуз, М. Кларк- "Физика плазмы и управляемые термоядерные реакции", Издательство: "Государственное издательство литературы по атомной науке и технике Государственного Комитета по использованию атомной энергии СССР", Москва, 1963 - (489 с.)

[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213869.](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213869)

в) используемые ЭБС:

1. Научная электронная библиотека
<https://elibrary.ru/>;
2. ЭБС Лань
<https://e.lanbook.com/>;
3. ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red;
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ)
<http://elib.mpei.ru/login.php>.

6.2. Кадровое обеспечение

Для реализации дополнительной образовательной программы привлекаются преподаватели из числа штатных научно-педагогических работников ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» и лица, представители работодателей или объединений работодателей. Информация о кадровом обеспечении дополнительной образовательной программы представлена в приложении Д.

Сведения о руководителе дополнительной образовательной программы представлены в приложение Е.

6.3. Финансовое обеспечение

План расходов и расчет обоснования стоимости по дополнительной образовательной программе представлены в приложение Ж.

Финансирование программы осуществляется за счет личных средств слушателей или заказчиков, по направлению которых проводится обучение. В качестве заказчика могут выступать работодатели, университеты (в том числе МЭИ), государственные структуры и прочие участники образовательного рынка.

6.4. Материально-техническое обеспечение

Материально-технические условия реализации дополнительной образовательной программы представлены в Приложении З.

Календарный график учебного процесса разрабатывается с учетом требований к качеству освоения и по запросам обучающихся (Приложение И). Расписание занятий разрабатывается на каждую реализуемую программу.

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (АКТУАЛИЗАЦИИ)

№ п/п	Содержание изменения (актуализации)	Дата утверждения изменений
-------	-------------------------------------	----------------------------

Руководитель
образовательной
программы

	
Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
Владелец	Дедов А.В.
Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В.
Дедов