



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	Rd0ad64b2-5hindaTA-e12224c9

(подпись)

Т.А. Шиндина
(расшифровка подписи)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
повышения квалификации

Наименование программы	Использование компьютерных технологий в анализе безопасности АЭС
Форма обучения	очно-заочная
Выдаваемый документ	удостоверение о повышении квалификации
Новая квалификация	не присваивается
Центр ДО	Кафедра "Атомных электрических станций"

Зам. директора ИДДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Усманова Н.В.
	Идентификатор	R3b653adc-UsmanovaNatV-90b3fa4

Н.В.
Усманова

Начальник ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крохин А.Г.
	Идентификатор	R6d4610d5-KrokhinAG-aa301f84

А.Г. Крохин

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 АЭС

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостова М.С.
	Идентификатор	R5ead212f-KhvostovaMS-a4cf11ca

М.С.
Хвостова

Руководитель образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Воробьев Ю.Б.
	Идентификатор	R3b64f4bb-VorobyevYB-08cbf8ca

Ю.Б.
Воробьев

Москва

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Цель: повышение квалификации путем совершенствования у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для их профессиональной деятельности, связанной с современными компьютерными технологиями используемыми в ядерной энергетике (ЯЭ) и теплофизике.

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. № 21413.04.2018 г. № 50770.

- с Профессиональным стандартом 24.057 «Специалист в области информационных технологий на атомных станциях (разработка и сопровождение программного обеспечения)», утвержденным приказом Минтруда 27.10.2015 г. № 779н, зарегистрированным в Минюсте России 16.11.2015 г. № 39716, уровень квалификации 7.

Форма реализации: обучение с применением дистанционных образовательных технологий.

Форма обучения: очно-заочная.

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. Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца..

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): 3.

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-3: способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ	Знать: - современные компьютерные методы для научных исследований..
	Уметь: - на основе расчетного анализа теплофизических задач ядерной энергетики правильно применить компьютерные технологии для представления полученных результатов.
	Владеть:
ОПК-2: способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	Знать: - основные существующие подходы в области анализа безопасности АЭС.; - набор типичных задач с применением компьютерных технологий в области ядерной энергетики и теплофизики..
	Уметь: - выбрать правильный метод анализа для типичных проблем в области ядерной энергетики и теплофизики; - в зависимости от типа решаемой задачи выбрать наиболее подходящий метод и составить алгоритм его применения в области анализа безопасности АЭС..
	Владеть:
ОПК-1: способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	Знать: - основные математические подходы, используемые в современных расчетных методах анализа безопасности АЭС.; - современные компьютерные технологии, используемые в расчетных методах анализа безопасности АЭС..
	Уметь: - использовать современные математические методы в задачах теплофизики и ядерной энергетики.; - на основе применения компьютерных технологий в области безопасности АЭС правильно провести анализ аварийных ситуаций на АЭС..
	Владеть:

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
24.057 «Специалист в области информационных технологий на атомных станциях (разработка и сопровождение программного обеспечения)»	
ПК-567/В/02.7/1 способен осуществлять разработку интеграционных решений для компонентов информационных систем; определение тестовых примеров, обеспечивающих наиболее полную проверку соответствия ОС задачам, решаемым в автоматизированной системе управления технологическим процессом, автоматизированной системе управления предприятием, автоматизированной системе контроля	Трудовые действия: - Анализ совместной работы в автоматизированных системах аппаратных и программных средств. Умения: - Оценивать риски проектов; - Применять средства разработки программных приложений; - Применять специализированные программные интерфейсы для интегрирования информационной системы; - Использовать прикладное программное обеспечение. Знания: - Программные средства и платформы инфраструктуры информационных технологий организации.
ПК-567/Д/02.7/1 способен осуществлять планирование развития и внедрения информационных систем и технологий на атомной станции	Трудовые действия: - Выявление задач, которые необходимо решить средствами автоматизации; - Оценка ресурсов, необходимых и достаточных для достижения целей автоматизации производственных процессов на атомной станции; - Принятие и осуществление управленческих решений.

	<p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Оценивать возможность использования средств автоматизации для решения производственных задач; - Оценивать риски, возникающие при различных решениях задач автоматизации производства, и выбирать решения, их минимизирующие; - Выявлять задачи для достижения целей автоматизации.
	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основы технологий управления проектами; - Программные средства и платформы информационных технологий, используемых на атомной станции.

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:

- 4 зачетных единиц;

144 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 дисциплин (модулей)	всего	Контактная работа, ак. ч					Самостоятельная работа, ак. ч	Стажировка, ак. ч	Форма аттестации			
			всего	аудиторные занятия	электронное обучение	обучение с ДЮТ	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	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	
1	Основы анализа безопасности АЭС с использованием	48	36	24		12		12			Нет		

	компьютерных технологий											
1.1.	Основные понятия использования компьютерных расчетных кодов для анализа безопасности АЭС	1 6	12	8		4		4				
1.2.	Основные положения анализа неопределенностей	1 6	12	8		4		4				
1.3.	Основные положения моделирования аварийных процессов на основе современных компьютерных кодов	1 6	12	8		4		4				
2	Основные особенности компьютерного кода анализа безопасности АЭС на примере кода RELAP5	4 7	35	24		11		12			Нет	
2.1.	Основные особенности компьютерного кода RELAP5	8	6	4		2		2				
2.2.	Моделирование нейтронной кинетики, тепловых структур и системы управления и защиты АЭС	8	6	4		2		2				
2.3.	Использование карт режимов потока в коде RELAP5	8	6	4		2		2				
2.4.	Основные замыкающие модели RELAP5	8	6	4		2		2				
2.5.	Модели специальных процессов в RELAP5	8	6	4		2		2				
2.6.	Моделирование специализированного оборудования АЭС в RELAP5	7	5	4		1		2				
3	Компьютерные технологии для решения сложных	4 7	35	25		10		12			Нет	

	задач НИР ЯЭ										
3.1.	Основные особенности CFD кодов	9	7	5		2		2			
3.2.	Компьютерные технологии параллельных вычислений	9	7	5		2		2			
3.3.	Технология решения сложных задач НИР ЯЭ на основе алгоритмов поиска глобального оптимума	9	7	5		2		2			
3.4.	Использование нейронных сетей в задачах ЯЭ	10	7	5		2		3			
3.5.	Методы динамического вероятностного анализа безопасности (ДВАБ) АЭС	10	7	5		2		3			
4	Итоговая аттестация	2	2					2			Итоговый зачет
	ИТОГО:	144	108	73	0	33	2	36	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.	Основы анализа безопасности АЭС с использованием компьютерных технологий	
1.1.	Основные понятия использования компьютерных расчетных кодов для анализа безопасности АЭС	Введение. Современные интегральные коды анализа безопасности АЭС. Коды консервативной и наилучшей оценки, сравнение, достоинства и недостатки. Коды анализа проектных и запроектных аварий. Обзор основных существующих зарубежных и российских кодов (RELAP5, KOPCAP, MELCOR), CFD коды. Основные принципы, области применения. Понятия верификации и валидации кодов.
1.2.	Основные положения анализа неопределенностей	Принципы анализов неопределенностей, чувствительности. Использование поверхности отклика, метода Монте-Карло, GRS. Методы анализа чувствительности, параметрические, непараметрические,

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		индексы Соболя, метод Мориса.
1.3.	Основные положения моделирования аварийных процессов на основе современных компьютерных кодов	Основные принципы составления нодализационной схемы АЭС, использование основных элементов: одиночный объем, одиночное соединение, труба, ветвление, использование таблиц для ввода теплофизических свойств, задание управляющих параметров для расчета переходных и аварийных процессов АЭС. Основные принципы анализа результата расчетов переходных и аварийных процессов на АЭС; принципы графического представления данных; использования утилиты XMGR5/ACGRACE/APTPLOT. Основные стадии аварии типа LOCA, тяжелой аварии.
2.	Основные особенности компьютерного кода анализа безопасности АЭС на примере кода RELAP5	
2.1.	Основные особенности компьютерного кода RELAP5	Основные принципы использования кода RELAP5 для анализа динамики переходных и аварийных процессов на АЭС. Основные уравнения. Численная модель. Основные гидродинамические компоненты, моделируемые в RELAP5; примеры моделирования.
2.2.	Моделирование нейтронной кинетики, тепловых структур и системы управления и защиты АЭС	Моделирование нейтронной кинетики реактора в RELAP5; основные уравнения. Понятие тепловых структур и их использование в RELAP5; основные уравнения. Модели контрольных переменных и логических переключателей; использование их для моделирования вспомогательных систем АЭС; логических элементов и связей между компонентами.
2.3.	Использование карт режимов потока в коде RELAP5	Карты режимов гидродинамических потоков, используемые в RELAP5; особенности моделирования горизонтального и вертикального течения; особенности моделирования потоков в смесителе от CAOЗ; особенности моделирования потоков в насосах.
2.4.	Основные замыкающие модели RELAP5	Модели тепло–массообмена, межфазного трения, трения на стенке канала, используемые в RELAP5.
2.5.	Модели специальных процессов в RELAP5	Обзор моделей специальных процессов, используемых в RELAP5. Моделирование критического истечения в RELAP5 на основе модели Ренсома и Генри-Фоска. Достоинства и недостатки. Моделирование эффекта CCFL. Моделирование двухфазного расслоения горизонтально разделенного потока в ветвлениях, термического расслоения жидкости, отслеживания уровня смеси, резкого изменения проходного сечения, эффекта water racking, процессов повторного смачивания, повреждения оболочки ТВЭЛов, паро-

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		циркониевой реакция.
2.6.	Моделирование специализированного оборудования АЭС в RELAP5	Моделирование насосов в RELAP5; принципы гомологичных кривых и их составление для однофазного и двухфазного режима смеси. Модели клапанов, сепаратора, турбины, гидроаккумулятора, смесителя CAO3 и эжектора используемые в RELAP5.
3.	Компьютерные технологии	для решения сложных задач НИР ЯЭ
3.1.	Основные особенности CFD кодов	Основные уравнения. Уравнения RANS. Гипотеза Буссинеска. Модели $k-\epsilon$, $k-\omega$, SST, Рейнольдсовых напряжений, LES, DES, построение расчетной сетки, численные схемы, многофазные течения, примеры моделирования.
3.2.	Компьютерные технологии параллельных вычислений	Особенности использования параллельных вычислений для ускорения расчетов в области научно технических расчетов АЭС; анализ типовых областей использования в научных расчетов ядерной техники. Принципы реализации параллельных вычислений. Существующие технологии параллельных вычислений: PVM, MPI, CUDA. Анализ их основных характеристик, отличий и областей использования. Три концепции реализации параллельных расчетов: SIMD, SDMI, MIMD. Практические шаги осуществления параллельных вычислений. Особенности и основные характеристики суперкомпьютеров. Возможность осуществления научно-технических расчетов на суперкомпьютерах в России. Организация параллельных вычислений на основе распределенного кластера. Принципы и технические варианты организации кластера на основе компьютеров различного типа, требуемое оборудование. Модель использования PVM, MPI. Гетерогенность сети для вычисления, типы гетерогенности. Основные задачи, принципы и контроль PVM, MPI, цикл их функционирования. Основные элементы PVM, MPI, расчетная модель. Языки программирования для использования с PVM, MPI и связь с Fortran/C/C++. Шаги по установке PVM, MPI, основные команды. Основная последовательность действий при использовании PVM, MPI с программной точки зрения. Старт PVM, MPI программ. Концепция master-slave. Древообразная структура расчетов
3.3.	Технология решения сложных задач НИР ЯЭ на основе алгоритмов	Обзор современных компьютерных технологий для решения сложных научных задач ЯЭ: генетические алгоритмы (ГА), Simulated annealing (SA), экстремальная

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
	поиска глобального оптимума	<p>оптимизация (ЭО). Примеры областей и задач использования. Причины возникновения ГА, история его развития и основные используемые в ГА биологические принципы. Базисные принципы применения ГА для оптимизации технических систем; его основные элементы и операторы; Простой ГА; основные достоинства ГА и недостатки. Положения теории «схемата»; теорема схемата – ее значение для функционирования ГА. Основные условия использования ГА для оптимизации сложных технических систем; возможные методы кодирования информации и методы селекции. Возможные методы селекции в ГА и их достоинства и недостатки; другие используемые параметры; их типичные значения и их вариация в зависимости от типа задачи; Рассмотрение типичных задач НИР ЯЭ для использования ГА. Экстремальная Оптимизация – основные принципы, сравнение с ГА. Рассмотрение EO-т алгоритма на основе спиновых стекол; достоинства и недостатки EO-т. Обобщенная EO-т; анализ достоинств и недостатков. История возникновения SA. Алгоритм Метрополиса. Формализованный SA. Основные параметры SA и принципы их варьирования. Обзор проблем НИР ЯЭ для использования экстремальной оптимизации и SA.</p>
3.4.	Использование нейронных сетей в задачах ЯЭ	<p>Основные принципы нейронных сетей. Модели нейронов. Графическое представление нейронных сетей. Существующие архитектуры нейронных сетей. Процессы обучения нейронных сетей. Обзор существующих типов нейронных сетей, особенности их использования для решения задач НИР. Основные принципы реализации нейронных сетей на основе многослойного персептрона. Методы кластеризации, примеры использования в задачах ЯЭ. Методы глубинного обучения, особенности, перспективы развития и использования в индустрии. Примеры задач ЯЭ для эффективного использования нейронных сетей.</p>
3.5.	Методы динамического вероятностного анализа безопасности (ДВАБ) АЭС	<p>Мотивация ДВАБ, классификация методов их обзор. Метод поиска наихудших сценариев аварий на основе применения генетического алгоритма ГА-ДВАБ, примеры использования для анализа аварий типа LOCA, тяжелых аварий, пожаров на АЭС.</p>

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
Тестирование	К тестированию допускаются сотрудники, посетившие более 50% занятий. Сотрудники, посещавшие занятия дистанционно, могут дистанционно проходить тестирование. Длительность тестирования - 90 минут.

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 *итогового зачета*. 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. Аверкин, А. Н. Искусственные нейронные сети и генетические алгоритмы : учебное пособие по курсу "Нетрадиционные модели вычислений" по направлению "Информатика и вычислительная техника" / А. Н. Аверкин, Е. В. Деньщикова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2014 . – 68 с. - ISBN 978-5-7046-1547-7 .;

2. Байбаков, В. Д. Коды для расчета ядерных реакторов : Учебное пособие по специальности "Атомные электростанции и установки" / В. Д. Байбаков, Ю. Б. Воробьев, В. Д. Кузнецов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 163 с. - ISBN 5-7046-0939-2 .;

3. Воеводин, В. В. Параллельные вычисления : Учебное пособие для вузов по направлению 510200 - Прикладная математика и информатика / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин . – СПб. : БХВ-Петербург, 2004 . – 608 с. - ISBN 5-941571-60-7 .;

4. Кузнецов, Ю. Н. Теплообмен в проблеме безопасности ядерных реакторов / Ю. Н. Кузнецов . – М. : Энергоатомиздат, 1989 . – 296 с. - ISBN 5-283-03743-6 ..

б) литература ЭБС и БД:

1. Острейковский В. А., Швыряев Ю. В.- "Безопасность атомных станций", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2008 - (352 с.)
https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49086.

в) используемые ЭБС:

Не предусмотрено

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 приложении 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
1	ДОП утверждена в соответствии с Положением «О разработке и реализации дополнительных образовательных программ в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	12.12.2022

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Воробьев Ю.Б.
	Идентификатор	R3b64f4bb-VorobyevYB-08cbf8ca

Ю.Б.
Воробьев