

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»
(ИГЭУ)**

Программа одобрена
Ученым советом университета
Протокол № 12 от 30.03.2022

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по учебной работе

[Handwritten signature]
А.В. Гусенков

«30» *марта* 2022 г.


ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

**«Применение COMSOL Multiphysics
в инженерно-научных задачах»**


36 часов

Программа разработана в соответствии с квалификационными характеристиками должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования, утвержденными приказом Минздравсоцразвития РФ от 11.01.2011 г. № 1н «Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих».

Разработчик(и) программы:

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Подпись
Шилов Михаил Александрович	к.т.н.	доцент	доцент кафедры ТиПМ	

Руководитель программы:

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Подпись
Раева Татьяна Дмитриевна	к.э.н.	доцент	декан ФПКП	

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы

Формирование профессиональных компетенций, необходимых для решения научно-исследовательских задач, включая расчетно-экспериментальные с использованием программного комплекса Comsol Multiphysics.

ПК-1 – применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.

1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения программы обучающийся должен приобрести следующие знания, умения и навыки, необходимые для качественного формирования указанных профессиональных компетенций:

Компетенции	Результаты обучения
ПК-1	ЗНАТЬ: физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы необходимые для моделирования научно-исследовательских задач
	УМЕТЬ: формулировать научно-исследовательскую задачу с использованием физико-математического аппарата
	ВЛАДЕТЬ: навыками построения конечно-элементных моделей в программном комплексе Comsol Multiphysics

1.3. Категория слушателей и требования к уровню подготовки поступающего на обучение

Настоящая программа предназначена для преподавателей, аспирантов, ученых.

1.4. Форма обучения: очная.

1.5. Форма документа, выдаваемого по результатам освоения программы

Удостоверение о повышении квалификации.

1.6. Трудоемкость программы: 36 час.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план

№ п/п	Наименование дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, час.					Промежуточный контроль, форма контроля	Всего часов
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Стажировка		
1.	Основы работы в Comsol Multiphysics	12		20				32
2.	Итоговая аттестация							4
	Итого	12		20				36

2.2. Календарный учебный график

	Вид учебной нагрузки	Трудоемкость, ч.	Учебные недели				
			1-я неделя	2-я неделя	3-я неделя	4-я неделя	5-я неделя
1.	Основы работы в Comsol Multiphysics	32	8	8	8	8	4
	Итоговая аттестация	4					4

Примечание. Даты обучения будут определены в расписании занятий при наборе группы на обучение.

3. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИН

3.1. Рабочая программа дисциплины «Основы работы в Comsol Multiphysics»

3.1.1. Содержание теоретической части

№ п/п	Наименование и краткое содержание	Кол-во часов
1.	Введение ПК Comsol Multiphysics: Интерфейс пользователя, определения, геометрия, материалы, физические интерфейсы, сетки, исследования, результаты, средства разработки приложений	2
2.	Модели материалов: Упругие, гиперупругие, вязкоупругие, пластичные. Работа с библиотекой материалов	2
3.	Физические интерфейсы: структурная механика, модуль математика (для задания пользовательских уравнений)	2
4.	Методы построения конечно-элементной сетки: Автоматическая, пользовательская, импортированная.	2
5.	Основы создания приложений для моделирования в Comsol Multiphysics на базе расчетных моделей	2
6.	Создание пользовательских моделей	2
	Итого	12

3.1.2. Содержание практических занятий

Нет.

3.1.3. Содержание лабораторных работ

№ п/п	Наименование и краткое содержание	Кол-во часов
1.	Построение различных объектов: Построение объектов в 1D-постановке, 1D-осесимметричной постановке, 2D-постановке, 2D-осесимметричной постановке, 3D-постановке	4
2.	Сжатие-растяжение, изгиб объектов в 1D-постановке, 1D-осесимметричной постановке, 2D-постановке, 2D-осесимметричной постановке, 3D-постановке	4
3.	Расчет моделей твердотельной механики: Модель внецентренного сжатия стержня прямоугольного сечения в 1D-постановке. Модель сложного сопротивления в 3D-постановке	4
4.	Моделирование контактного взаимодействия двух упругих тел (цилиндра и параллелепипеда)	4
5.	Контактное взаимодействие твердого тела и оболочки	4
	Итого	20

3.1.4. Самостоятельная работа обучающегося

Нет.

3.1.5. Содержание практики (стажировки)

Нет.

3.1.6. Промежуточная аттестация

Нет.

3.1.7. Учебно-методические материалы

Учебно-методическая литература

1. Кутумов Ю. Д. Основы работы в программном комплексе COMSOL MULTIPHYSICS на примере модели кабельной ЛЭП / Ю. Д. Кутумов, Т. Ю. Шадрикова. - Иваново, 2021. - 80 с.
2. Королев П. В. Решение задач теории упругости методом конечных элементов с использованием Mathcad / П.В. Королёв, Л.Б. Маслов. - Иваново, 2023. - 36 с.
3. Тихонов А. И. Моделирование стационарных физических полей в MATLAB / А. И. Тихонов, Г. А. Шмелева, Р. Ю. Фадеева. - Иваново, 2021. - 28с.

Электронные ресурсы

1. <https://www.comsol.ru/books>

4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

К итоговой аттестации по программе допускаются обучающиеся, не имеющие задолженности и в полном объеме выполнившие учебный план. Итоговая аттестация по программе проводится в форме зачета.

Критерии оценки и фонд оценочных материалов к итоговой аттестации приведены в приложении.

5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

5.1. Материально-технические условия

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная мебель для обучающихся (количество посадочных мест – не менее численности группы); Компьютер с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета; проектор; экран; набор учебно-наглядных пособий
2.	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ	Специализированная мебель для обучающихся (количество посадочных мест – не менее численности группы / подгруппы / потока) Компьютеры с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
3.	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Специализированная мебель для обучающихся (количество посадочных мест – не менее численности группы) Компьютеры с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

5.2. Условия для функционирования электронной информационно-образовательной среды при реализации программ с использованием дистанционных образовательных технологий

Электронные информационные ресурсы	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Отсутствует		

5.3. Кадровые условия

Реализация дополнительной профессиональной программы обеспечивается педагогическими работниками из числа докторов, кандидатов наук ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения итоговой аттестации**

Итоговая аттестация проходит в форме зачета, который представляет собой устное собеседование.

Список вопросов

1. Основные аналитические методы. Основные численные методы.
2. Метод конечных элементов.
3. Программные системы конечно-элементного моделирования в теории упругости и пластичности, механики стержней и оболочечных конструкций, механики композитов, механики разрушения.
4. Вопросы вычислительной механики деформируемого твердого тела, оптимизации конструкций.
5. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент.
6. Вычислительная механика, основные методы и алгоритмы.
7. Метод конечных элементов.
8. Программные системы мультидисциплинарных исследований в механике.
9. Математические модели задач механики деформируемого твердого тела.
10. Основные математические модели, применяемые для решения задач теории упругости и пластичности, механики стержней и оболочечных конструкций, механики композитов, механики разрушения, задач динамики и прочности машин и конструкций.

Критерии оценки уровня освоения программы:

Оценки «зачтено» заслуживают обучающиеся, обнаружившие полное знание учебного материала, успешно выполняющие предусмотренные программой задания, демонстрирующие систематический характер знаний и способные к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей профессиональной деятельности.

Оценка «не зачтено» выставляется обучающимся, обнаружившим значительные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, имеющие несистематизированные, поверхностные знания учебного материала.