

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное
автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Новосибирский национальный
исследовательский государственный
университет»
(Новосибирский государственный
университет, НГУ)**

П Р И К А З

27 НОЯ 2023 № 3441-3

[о программе повышения квалификации «Быстрое прототипирование в пакете FreeFEM. Часть 2. Комплексные математические модели и расширенные возможности FreeFEM»]

В целях реализации программы Передовой инженерной школы НГУ

ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить программу повышения квалификации «Быстрое прототипирование в пакете FreeFEM. Часть 2. Комплексные математические модели и расширенные возможности FreeFEM» общей трудоемкостью 22 академических часа Приложению № 1.
2. Ответственность за реализацию программы возложить на директора ПИШ С.В. Головина.
3. Отделу ТДиК довести до проректора по учебной работе НГУ, директора ПИШ.

Проректор по учебной работе НГУ



С.Г. Саблина

Директор ПИШ



С.В. Головин

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

 С.Г. Саблина

_____ 2023 г.

ПРОГРАММА

повышения квалификации

по программе: **«Быстрое прототипирование в пакете FreeFEM.**

Часть 2. Комплексные математические модели и расширенные возможности FreeFEM»

общая трудоемкость программы: **22 часа**

форма обучения: **очная с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения**

образовательные технологии: **лекционное обучение, практические занятия**

Разработал:
Старший преподаватель КафТМ ММФ, с.н.с. НОЦГПННГУ
к.ф.-м.н. Байкин А.Н.

Проверил:
Директор ИППК НГУ
к.э.н. Шашкова М.В.



г. Новосибирск, 2023

1. Цель реализации программы: повышение профессионального уровня сотрудников научно-технических и инжиниринговых центров коммерческих компаний, университетов и научно-исследовательских институтов в рамках имеющихся квалификаций, направленных на совершенствование ими компетенции, необходимой для профессиональной деятельности в области математического моделирования и создания прототипов для быстрой проверки гипотез в пакете для численного счета методом конечных элементов FreeFEM и получение новой компетенции по реализации комплексных математических моделей на языке FreeFEM с использованием расширенных возможностей данного пакета.

Актуальность программы определяется ее содержанием, а также необходимостью быстрой проверки физических гипотез с помощью математического моделирования в научной и инженерной практике. Важными факторами в моделировании и быстром прототипировании являются корректность формулировки задачи, построение устойчивого численного алгоритма, а также низкий порог входа и скорость реализации алгоритма, что в полной мере обеспечивает пакет FreeFEM.

Программа соответствует целям развития Передовой инженерной школы НГУ в части развития деятельности по сотрудничеству с технологическими центрами компаний, ВУЗами и научно-исследовательскими институтами, а также формирования компетенций по быстрому прототипированию в математическом моделировании.

Для достижения поставленной цели выделяются следующие *задачи программы*:

- доступно донести до слушателя теоретические основы построения комплексных математических моделей и численных алгоритмов методом конечных элементов (МКЭ);
- обучить расширенным командам и возможностям API (Application Programming Interface) пакета FreeFEM;
- разобрать решение ряда физико-математических постановок комплексных задач из области нефтяного инжиниринга, а также их дискретизацию методом конечных элементов с реализацией в пакете FreeFEM;
- обучить методам анализа полученных численных решений и их последующей пост-обработки.

2. Категория слушателей: сотрудники научно-технический и инжиниринговых центров технологических компаний, сотрудники университетов и научно-исследовательских институтов, студенты научно-образовательных центров и университетов.

3. Планируемые результаты обучения: в результате освоения программы слушатели должны обладать следующими профессиональными компетенциями:

- ПК-1. Способность сформулировать физико-математическую постановку для комплексной модели, включающей несколько физических процессов в том числе в трехмерном пространстве.
- ПК-2. Способность запрограммировать численное решение задач математической физики, рассмотренных в рамках ПК-1, методом конечных элементов на языке пакета FreeFEM в том числе с помощью его расширения собственными командами.
- ПК-3. Осуществлять анализ моделируемого явления средствами языка FreeFEM, а также внешними инструментами.

4. Срок обучения: 22 академических часа с даты зачисления слушателя согласно установленного расписания занятий или в рамках индивидуального графика обучения.

Образовательный процесс в образовательной организации может осуществляться в течение всего календарного года. Продолжительность учебного года определяется образовательной организацией.

Продолжительность учебной недели - 5 учебных дней в соответствии с расписанием занятий на неделю.

Продолжительность учебного дня при теоретической и практической подготовке - 8 академических часов.

Для всех видов занятий 1 академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

5. Форма обучения: очная с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения.

6. Учебный план:

Наименование разделов/модулей (тем, дисциплин)	Всего, час.	В том числе:			
		Лекции	Практические занятия	Консультации	Форма аттестации
Раздел 1. Реализация комплексных математических моделей в FreeFEM	12	4	8	0	Зачет
Задача о раскрытии трещины в упругой среде	3	1	2	0	
Задача о нагружении скважины в пороупругой среде: оценка давления инициации трещины гидроразрыва пласта	3	1	2	0	
Задача о газовой тесноте: уравнения Навье-Стокса Канна-Хиллиарда	3	1	2	0	
Задача о двухфазной фильтрации в пласте	3	1	2	0	
Раздел 2. Продвинутое возможности FreeFEM	8	1	7	0	Зачет
Решение трехмерных задач на примере задач линейной теории упругости	2	1	1	0	
Распараллеливание программ с помощью MPI	2	0	2	0	

Написание собственного модуля на C++	4	0	4	0	
Итоговая аттестация	2	0	0	2	Зачет
Итого	22	5	15	2	

7. Условия реализации программы повышения квалификации: обучение проводится с использованием компьютеров с установленными системой Windows 10, пакетом FreeFEM, VSCode, Python 3 и Paraview. Онлайн занятия проводятся с использованием сервиса для проведения видеоконференций (Google Meet или Skype, или Skype for business, или аналогичных).

8. Правила аттестации (с указанием критериев выставления оценок, в т. ч. итоговой аттестации). Освоение программы слушателями проводится в форме зачета по итогам сдачи и защиты решения заданий посредством дистанционного общения с преподавателем курса. Приобретение компетенций ПК-1 – ПК-3 подтверждается в ходе представления решения итогового задания аттестационного проекта. Слушатель получает зачет при предъявлении корректной физико-математической формулировки выбранной задачи, правильно построенного и без ошибок реализованного алгоритма решения, способа проверки алгоритма и анализа моделируемого процесса, а также ответа на дополнительные вопросы.

Слушатель получает незачет, в случае наличия в физико-математической формулировке выбранной задачи, построенном и реализованном алгоритме решения, способе проверки алгоритма и анализа моделируемого процесса ошибок, либо отсутствия физико-математической формулировки выбранной задачи, построенного и реализованного алгоритма решения, способа проверки алгоритма и анализа моделируемого процесса, либо неправильного ответа на дополнительные вопросы.

9. Оценочные материалы

Перечень примерных практических заданий по программе повышения квалификации:

1. Каждый слушатель должен сформулировать и согласовать с преподавателем физико-математическую постановку задачи для своего аттестационного проекта. Необходимо провести дискретизацию задачи методом конечных и элементов и построить численный алгоритм решения. Для проверки алгоритма должен быть предъявлен способ верификации численного решения. Численный алгоритм должен быть применен для исследования технологического или природного процесса, который описывается в рамках построенной модели.

Перечень примерных дополнительных вопросов по программе повышения квалификации:

1. Сформулируйте задачу о раскрытии трещины фиксированной длины в упругой среде.
2. Сформулируйте задачу об инициации трещины гидроразрыва пласта.
3. Сформулируйте задачу о двухфазной фильтрации в пористой среде.
4. Сформулируйте задачу о газовытеснении.
5. Что такое искусственная вязкость?
6. С помощью какой команды создается трехмерная сетка в FreeFEM?
7. Описать основную идею метода декомпозиции областей.
8. Как подключить внешний модуль в FreeFEM?

9. Как определить новый оператор в FreeFEM?

10. Литература

Список основной литературы

1. Жуков М. Ю., Ширяева Е. В. Использование пакета конечных элементов FreeFem++ для задач гидродинамики, электрофореза и биологии // Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008, 228 с. Ссылка на источник: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20414219>
2. Ильин В.П. Методы и технологии конечных элементов / В.П. Ильин ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т вычисл. математики и мат. Геофизики Новоси-бирск : Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2007, 370 с. - 12 экземпляров.
3. Седов Л.И. Введение в механику сплошной среды / Л.И. Седов М.: Физматгиз, 1962, 284 с. - 10 экземпляров.
4. Лаевский Ю. М. Метод конечных элементов (основы теории, задачи) / Ю.М. Лаевский; М-во образования Рос. Федерации, Новосиб. гос. ун-т Новосибирск : Редакционно-издательский центр НГУ, 1999, 166 с - 78 экземпляров.