**Программа повышения квалификации в форме стажировки**«Современные методы математического и численного моделирования физических процессов: проектирования гидротехнического оборудования, элементов конструкций, процессов нефтегазовой механики»

**в рамках Соглашения об организации и финансировании краткосрочной научной стажировки молодых ученых из Республики Узбекистан в КФУ**

|  |  |
| --- | --- |
| **Вид работы** | **Количество часов** |
| Аудиторная работа (всего)  из них  - лекции | **182**  32 |
| - практические занятия | 132 |
| - семинары | 18 |
| Самостоятельная работа | 34 |
| Всего: | **216 часов** |

***Примерный план по неделям***

**БЛОК 1 – Гидромеханика**

Лекций – 6, практик – 36, семинаров – 6, самостоятельная работа – 0, всего 48 часов

***Неделя 1.***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Дата** | **Время** | **Тема** | **ФИО (преподавателя/**  **ответственного)** |
| **понедельник** | 10:10 – 11:40 | Общие принципы вычислительной гидромеханики и методы решения задач (**лекция**) | Нуриев А.Н. |
| 12:10 – 13:40 | Обзор современных коммерческих и открытых программных пакетов вычислительной гидродинамики. Функционал и принципы работы (**лекция**) | Нуриев А.Н. |
| 13:50 – 15:20 | Знакомство с лабораторной вычислительно-экспериментальной базой отделения механики КФУ (**лекция**) | Нуриев А.Н. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **вторник** | 10:10 – 11:40 | Моделирование гидродинамических процессов  в программном комплексе OpenFOAM. Знакомство с пакетом (**практика**) | Нуриев А.Н. |
| 12:10 – 13:40 | Задание геометрии расчетной области (**практика**) | Нуриев А.Н. |
| 13:50 – 15:20 | Создание расчетных сеток с помощью библиотеки сfMesh (**практика**) | Нуриев А.Н. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **среда** | 10:10 – 11:40 | Исследование задачи о течении жидкости в квадратной каверне с подвижной верхней крышкой (**практика**) | Камалутдинов А.М. |
| 12:10 – 13:40 | Исследование задачи об обтекании круглого цилиндра. Создание проекта (**практика**) | Камалутдинов А.М. |
| 13:50 – 15:20 | Исследование задачи об обтекании круглого цилиндра. Настройка (**практика**) | Камалутдинов А.М. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **четверг** | 10:10 – 11:40 | Исследование задачи об обтекании круглого цилиндра. Проведение расчетов (**практика**) | Камалутдинов А.М. |
| 12:10 – 13:40 | Исследование задачи об обтекании круглого цилиндра. Анализ результатов (**практика**) | Камалутдинов А.М. |
| 13:50 – 15:20 | Формулировка вариантов индивидуальных задач для подготовки собственного проекта по построению цифрового двойника гидродинамического процесса (**практика**) | Нуриев А.Н. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **пятница** | 10:10 – 11:40 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем (**практика**) | Камалутдинов А.М. |
| 12:10 – 13:40 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем (**практика**) | Анисимов В.Д. |
| 13:50 – 15:20 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем (**практика**) | Анисимов В.Д. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |

***Неделя 2.***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Дата** | **Время** | **Тема** | **ФИО (преподавателя/**  **ответственного)** |
| **понедельник** | 10:10 – 11:40 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем (**практика**) | Нуриев А.Н. |
| 12:10 – 13:40 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем (**практика**) | Анисимов В.Д. |
| 13:50 – 15:20 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем (**практика**) | Анисимов В.Д. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **вторник** | 10:10 – 11:40 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем (**практика**) | Нуриев А.Н. |
| 12:10 – 13:40 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем (**практика**) | Камалутдинов А.М. |
| 13:50 – 15:20 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем  (**практика**) | Камалутдинов А.М. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **среда** | 10:10 – 11:40 | Защита проекта (**семинар**) | Нуриев А.Н. |
| 12:10 – 13:40 | Защита проекта (**семинар**) | Нуриев А.Н. |
| 13:50 – 15:20 | Защита проекта (**семинар**) | Нуриев А.Н. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |

**БЛОК 2 – Теория фильтрации и подземная гидромеханика**

Лекций – 8, практик – 42, семинаров – 6, самостоятельная работа – 16, всего 72 часа

***Неделя 2.***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Дата** | **Время** | **Тема** | **ФИО (преподавателя/**  **ответственного)** |
| **четверг** | 10:10 – 11:40 | Общие принципы теории однофазной фильтрации. Установившиеся течения. (**лекция**) | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Общие принципы теории однофазной фильтрации. Упругий режим. Перенос примеси. Неизотермическая фильтрация. (**лекция**) | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Общие принципы теории многофазной фильтрации. Капиллярное давление. Фазовые проницаемости. Задача Баклея – Леверетта. (**лекция**) | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 | - |  |
| **пятница** | 10:10 – 11:40 | Обзор современных коммерческих и открытых программных пакетов для расчета фильтрационных течений и гидродинамического моделирования нефтегазовых пластов. Функционал и принципы работы. (**лекция**) | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Моделирование фильтрационных течений в пакете MRST / tNavigator (на выбор). Обзор пакета. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Знакомство с общим функционалом пакета. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |

***Неделя 3.***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Дата** | **Время** | **Тема** | **ФИО (преподавателя/**  **ответственного)** |
| **понедельник** | 10:10 – 11:40 | Задание расчетной области и полей фильтрационно-емкостных свойств. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Покрытие области различными типами расчетных сеток. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Покрытие области различными типами расчетных сеток. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **вторник** | 10:10 – 11:40 | Решение задач однофазной фильтрации. Выбор метода решения. (**практика**). | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Решение задач однофазной фильтрации. Сжимаемость, неоднородность, гравитация. (**практика**). | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Решение задач однофазной фильтрации. Конвективно-диффузионный перенос. (**практика**). | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **среда** | 10:10 – 11:40 | Решение задач однофазной фильтрации. Перенос активной примеси (**практика**). | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Решение задач однофазной фильтрации. Перенос активной примеси. Реология флюида (**практика**). | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Решение задач неизотермической фильтрации. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **четверг** | 10:10 – 11:40 | Решение задач двухфазной фильтрации. Влияние вязкости и капиллярных сил. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Решение задач двухфазной фильтрации. Гравитационная сегрегация. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Подготовка модели участка нефтяного пласта (**практика**). | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **пятница** | 10:10 – 11:40 | Имитация заводнения участка нефтяного пласта. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Имитация заводнения участка нефтяного пласта. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Оптимизация заводнения участка нефтяного пласта. Проектирование повышения нефтеотдачи (**практика**) | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |

***Неделя 4.***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Дата** | **Время** | **Тема** | **ФИО (преподавателя/**  **ответственного)** |
| **понедельник** | 10:10 – 11:40 | Решение задачи о продвижении полимерного раствора с неньютоновской реологией. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Формулировка вариантов индивидуальных задач для подготовки собственного проекта по построению цифрового двойника технологического процесса фильтрации / гидродинамического процесса в нефтегазовом пласте. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Формулировка вариантов индивидуальных задач для подготовки собственного проекта по построению цифрового двойника технологического процесса фильтрации / гидродинамического процесса в нефтегазовом пласте. (**практика**) | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **вторник** | 10:10 – 11:40 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем (**практика**) | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Работа над индивидуальным проектом (**самостоятельная работа**) | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Работа над индивидуальным проектом (**самостоятельная работа**) | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **среда** | 10:10 – 11:40 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем (**самостоятельная работа**) | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Работа над индивидуальным проектом (**самостоятельная работа**) | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Работа над индивидуальным проектом (**самостоятельная работа**) | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **четверг** | 10:10 – 11:40 | Работа над индивидуальным проектом с преподавателем (**самостоятельная работа**) | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Работа над индивидуальным проектом (**самостоятельная работа**) | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Работа над индивидуальным проектом (**самостоятельная работа**) | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **пятница** | 10:10 – 11:40 | Защита проекта (**семинар**) | Поташев К.А. |
| 12:10 – 13:40 | Защита проекта (**семинар**) | Поташев К.А. |
| 13:50 – 15:20 | Защита проекта (**семинар**) | Поташев К.А. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |

**БЛОК – Механика деформируемого твердого тела**

Лекций – 18, практик – 54, семинаров – 6, самостоятельная работа – 18, всего 96 часов

***Неделя 5.***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Дата** | **Время** | **Тема** | **ФИО (преподавателя/**  **ответственного)** |
| **понедельник** | 10:10 – 11:40 | - |  |
| 12:10 – 13:40 | Общие принципы вычислительной механики деформируемого твердого тела и методы решения задач (**лекция**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Обзор современных программных пакетов вычислительной механики твердого тела. Функционал и принципы работы (**лекция**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | Обобщенные вариационные формулировки. Основные положения МКЭ (**лекция**) | Султанов Л.У. |
| **вторник** | 10:10 – 11:40 | - |  |
| 12:10 – 13:40 | Аппроксимации в конечных элементах (**лекция**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Конечные элементы задач теории упругости (**лекция**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | Вопросы практической реализации МКЭ (**лекция**) | Султанов Л.У. |
| **среда** | 10:10 – 11:40 | - |  |
| 12:10 – 13:40 | МКЭ в задачах динамики. Пошаговое интегрирование уравнения движения (**лекция**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Решение нелинейных задача механики (**лекция**). | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | Решение нелинейных задача механики (**лекция**) | Султанов Л.У. |
| **четверг** | 10:10 – 11:40 | Моделирование задач механики твердого деформируемого тела в программном комплексе Ansys. Знакомство с пакетом (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Построение геометрии расчетной области (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Создание расчетных сеток (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | - |  |
| **пятница** | 10:10 – 11:40 | Задание типов материалов, приложение нагрузок (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Выполнение типовых расчетов, проведение вычислений и операции с результатами (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Выполнение типовых расчетов, проведение вычислений и операции с результатами (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |

***Неделя 6.***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Дата** | **Время** | **Тема** | **ФИО (преподавателя/**  **ответственного)** |
| **понедельник** | 10:10 – 11:40 | Решение статических линейных задач МДТТ. Одномерный случай (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Решение статических линейных задач МДТТ. Двумерный случай (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Решение статических линейных задач МДТТ. Трехмерный случай (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | - |  |
| **вторник** | 10:10 – 11:40 | Исследование напряженно-деформированного состояния элементов конструкций (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Исследование напряженно-деформированного состояния элементов конструкций (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Исследование напряженно-деформированного состояния элементов конструкций (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | - |  |
| **среда** | 10:10 – 11:40 | Решение динамических задач МДТТ (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Расчет на устойчивость (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Расчет собственных частот и форм конструкции (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | - |  |
| **четверг** | 10:10 – 11:40 | Расчет элементов конструкций из идеально упругопластических материалов (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Расчет элементов конструкций из упругопластических материалов с линейным упрочнением (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Расчет элементов конструкций из упругопластических материалов с нелинейным упрочнением (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | - | Султанов Л.У. |
| **пятница** | 10:10 – 11:40 | Решение нелинейных задач МДТТ (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Решение нелинейных задач МДТТ с учетом больших перемещений (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Решение нелинейных задач МДТТ с учетом больших перемещений (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | - |  |

***Неделя 7.***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Дата** | **Время** | **Тема** | **ФИО (преподавателя/**  **ответственного)** |
| **понедельник** | 10:10 – 11:40 | Решение нелинейных задач МДТТ с учетом контактного взаимодействия (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Решение задач МДТТ с учетом физической и геометрической нелинейностей (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Решение нелинейных задач МДТТ с учетом потери устойчивости (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | - |  |
| **вторник** | 10:10 – 11:40 | Решение задач о нелинейном деформировании элементов конструкций с учетом больших деформаций (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Решение задач о нелинейном деформировании элементов конструкций с учетом больших деформаций (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Формулировка вариантов задач для подготовки собственного проекта по построению цифрового двойника процесса деформирования твердого тела (**практика**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 |  |  |
| **среда** | 10:10 – 11:40 | Подготовка проекта: «Построение цифрового двойника процесса деформирования твердого тела» (**самостоятельная работа**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Подготовка проекта: «Построение цифрового двойника процесса деформирования твердого тела» (**самостоятельная работа**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Подготовка проекта: «Построение цифрового двойника процесса деформирования твердого тела» (**самостоятельная работа**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | - |  |
| **четверг** | 10:10 – 11:40 | Подготовка проекта: «Построение цифрового двойника процесса деформирования твердого тела» (**самостоятельная работа**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Подготовка проекта: «Построение цифрового двойника процесса деформирования твердого тела» (**самостоятельная работа**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Подготовка проекта: «Построение цифрового двойника процесса деформирования твердого тела» (**самостоятельная работа**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | - |  |
| **пятница** | 10:10 – 11:40 | Подготовка проекта: «Построение цифрового двойника процесса деформирования твердого тела» (**самостоятельная работа**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Подготовка проекта: «Построение цифрового двойника процесса деформирования твердого тела» (**самостоятельная работа**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Подготовка проекта: «Построение цифрового двойника процесса деформирования твердого тела» (**самостоятельная работа**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | - |  |

***Неделя 8.***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Дата** | **Время** | **Тема** | **ФИО (преподавателя/**  **ответственного)** |
| **понедельник** | 10:10 – 11:40 | Защита проекта (**семинар**) | Султанов Л.У. |
| 12:10 – 13:40 | Защита проекта (**семинар**) | Султанов Л.У. |
| 13:50 – 15:20 | Защита проекта (**семинар**) | Султанов Л.У. |
| 15:50 – 17:20 | - |  |