

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ИШПР

Гусева Н.В.

«30» июня 2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

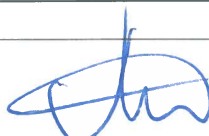
Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли

Направление подготовки/ специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Petroleum Engineering / Нефтегазовый инжиниринг		
Специализация	Petroleum Engineering / Нефтегазовый инжиниринг		
Уровень образования	высшее образование – магистратура		
Курс	1	семестр	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	4		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		96	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект)		Курсовой проект	
ИТОГО, ч		144	

Вид промежуточной аттестации

Зачет, дифференцированный зачет	Обеспечивающее подразделение	ОНД
--	------------------------------	------------

И.о. заведующего кафедрой - руководителя ОНД на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	Мельник И.А.
	Чернова О.С.
	Матвеев И.В.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области	И.ОПК(У)-1.1	Демонстрирует навыки физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий	ОПК(У)-1.131	Знает методы и средства формализации данных, собственно моделирования, постановки различных задач и решения их на модели, а также интерпретации результатов моделирования
				ОПК(У)-1.1У1	Умеет применять средства физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий
				ОПК(У)-1.1В1	Владеет навыками решения задач в своей предметной области на основе физического и программного моделирования
		И.ОПК(У)-1.2	Использует фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач нефтегазового производства	ОПК(У)-1.232	Знает основные профессиональные программные комплексы в области математического моделирования технологических процессов и объектов добычи углеводородного сырья
				ОПК(У)-1.2У2	Умеет применять математические, естественнонаучные и общетехнические знания в профессиональной деятельности
				ОПК(У)-1.2В2	Владеет опытом разработки физических, математических и компьютерных моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к добыче углеводородного сырья
ОПК(У)-2	Способен осуществлять проектирование объектов нефтегазового производства	И.ОПК(У)-2.1	Использует знание алгоритма организации выполнения работ в процессе проектирования объектов	ОПК(У)-2.131	Знает алгоритм организации выполнения работ в процессе проектирования объектов нефтегазовой отрасли

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
			нефтегазовой отрасли	ОПК(У)-2.1У1	Умеет осуществлять сбор исходных данных для составления технического проекта на проектирование технологического процесса, объекта
				ОПК(У)-2.1В1	Владеет навыками использования алгоритма организации и выполнения работ в процессе проектирования объектов нефтегазовой отрасли
		И.ОПК(У)-2.3	Выбирает соответствующие программные продукты или их части для решения конкретных профессиональных задач	ОПК(У)-2.3З3	Знает программно-информационные средства для автоматизации проектирования
				ОПК(У)-2.3УЗ	Умеет анализировать исходные данные для составления технического проекта на проектирование технологического процесса, объекта
				ОПК(У)-2.3ВЗ	Владеет навыками использования современных инструментов и методов планирования и контроля проектов
ПК(У)-2	Способен планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы	И.ПК(У)-2.1	Планирует и проводит аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивает данные и делает выводы	ПК(У)-2.1З1	Знает нормативную документацию в соответствующей области нефтегазового инжиниринга, методологию проведения различных исследований
				ПК(У)-2.1У1	Умеет ставить и формулировать цели и задачи научных исследований и разработок, осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, осуществлять выбор методик и средств решения поставленной задачи, планировать и проводить исследования технологических процессов при освоении месторождений
				ПК(У)-2.1В1	Владеет навыками проведения аналитических и экспериментальных

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
					исследований и оценки их результатов
ПК(У)-3	Способен использовать профессиональные программные комплексы в области математического и геолого-геофизического моделирования технологических процессов и объектов	И.ПК(У)-3.1	Использует профессиональные программные комплексы в области математического и геолого-геофизического моделирования технологических процессов и объектов	ПК(У)-3.131	Знает основные (наиболее распространенные) профессиональные программные комплексы в области математического и геолого-геофизического моделирования технологических процессов и объектов
				ПК(У)-3.1У1	Умеет анализировать показатели работы оборудования; планировать, организовывать, проводить и координировать работу по прогнозу технического состояния и разработке мероприятий по снижению эксплуатационных рисков
				ПК(У)-3.1В1	Владеет навыками работы с пакетами программ, позволяющих проводить математическое и геолого-геофизическое моделирование основных технологических процессов и технологий, применяемых при освоении месторождений, в том числе на континентальном шельфе

Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Владеть знаниями о классических методах математической физики, аналитической теории сопротивления и тепло- и массообмена, моделях процессов переноса в сложных УВ средах в нефтегазоносных бассейнах, способах решения междисциплинарных инженерных задач по ис-	И.ОПК(У)-1.2. И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-2.1 И.ПК(У)-3.1

	следованию особенностей и закономерностей явлений, сопровождающих добычу углеводородных сред (УВ), динамику флюидных гидротермальных систем в процессах разработки и эксплуатации нефтяных скважин и месторождений.	
РД 2	Владеть навыками проведения аналитических, имитационных и экспериментальных исследований, методами оценки полученных данных, навыками работы в современных программных комплексах в области математического и геолого-геофизического моделирования	И.ОПК(У)-1.1. И.ОПК(У)-2.3 И.ПК(У)-3.1
РД 3	Иметь представление о современных методах исследования течений сложных сред во внутренних системах; владеть навыками проведения аналитических и экспериментальных исследований и оценки их результатов на всех этапах процесса проектирования.	И.ОПК(У)-2.2 И.ПК(У)-3.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей. Типы моделей пласта (детерминированные, вероятностно-статистические, физические). Структурные модели пористых сред. Математическое моделирование на основе фундаментальных законов природы.	РД 1	Лекции	4
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	32
Раздел (модуль) 2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (добычи углеводородного сырья в процессе разработки и эксплуатации месторождений). Интегрированное математическое моделирование объектов нефтегазодобычи	РД 2	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	32
Раздел (модуль) 3. Интерпретация и визуализация результатов расчета сложных потоков. Построение математических геолого-геофизических моделей продуктивных пластов посредством профессиональных программных комплексов	РД 3	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	32

Содержание разделов дисциплины:

Раздел (модуль) 1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей. Типы моделей пласта (детерминированные, вероятностно-статистические, физические). Структурные модели пористых сред. Математическое моделирование на основе фундаментальных законов природы.

Темы лекций:

1. Математическое моделирование локальных и интегральных параметров открытых термодинамических систем в задачах НГО, природе и технике.
2. Закон Дарси, уравнение движения фильтрующейся жидкости. Теоретические модели, схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Особенности различных типов моделей пласта, используемых в математическом моделировании.

Темы практических занятий:

1. Жесткие и мягкие математические модели. Качественные методы исследования дифференциальных уравнений. Математические модели трудно-формализуемых объектов. Описание структурных моделей пористых сред.
2. Определение основных фильтрационно-емкостных свойств продуктивных природных резервуаров: коэффициентов пористости, проницаемости, нефте-, и газо- и водонасыщенности.

Названия лабораторных работ:

1. Исследования границ применимости закона Дарси. Фильтрационное число Рейнольдса.
2. Нелинейные законы фильтрации. Закон Дарси для анизотропных сред. Закон Дарси,
3. Исследование характеристик движения фильтрующейся жидкости.

Раздел (модуль) 2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (добычи углеводородного сырья в процессе разработки и эксплуатации месторождений). Интегрированное математическое моделирование объектов нефтегазодобычи.

Темы лекций:

3. Особенности математического моделирования нефтегазопромысловых процессов. Этапы построения математической модели. Переход от технического объекта к его расчетной схеме. Математические соотношения, устанавливающие связь между параметрами технического объекта и расчетной схемы.
4. Качественная и количественная оценка построенной математической модели. Количественный анализ математической модели. Тестирование результатов посредством сопоставления их с результатами упрощенного варианта математической модели. Математические модели однофазной изотермической фильтрации.
5. Понятие интегрированной модели. Программный продукт для интегрированного моделирования. Последовательность актуализации моделей скважин и системы сбора. PVT-модель флюида; модель скважины; модель системы сбора. Основы Pipesim.

Темы практических занятий:

3. Принципы моделирования процессов фильтрации нефти, газа и газового конденсата. Понятия о режимах нефтегазоносных пластов; Постановка краевых задач подземной гидродинамики жидкостей и газов. Закон сохранения массы в пористой среде.
4. Уравнение неразрывности, модели фильтрации вязкой несжимаемой жидкости в недеформируемом изотропном пласте, математические модели фильтрации. Решение задач на определение скорости фильтрации.

Названия лабораторных работ:

4. Исследование плоскорадиального фильтрационного притока жидкости к скважинам.
5. Создание математической модели неустановившейся фильтрации газа по данным реального геологического объекта.

Раздел (модуль) 3. Интерпретация и визуализация результатов расчета сложных потоков. Построение математических геолого-геофизических моделей продуктивных пластов посредством профессиональных программных комплексов

Темы лекций:

6. Детали построения физико-математических моделей химически реагирующих сред.
7. Основные численные методы в исследовании задач НГО. Рекомендации по контролю, управлению алгоритмом, обработке и интерпретации результатов исследования.
8. Алгоритмы построения математических моделей продуктивных пластов.

Темы практических занятий:

5. Жесткие и мягкие математические модели. Качественные методы исследования дифференциальных уравнений. Математические модели трудно-формализуемых объектов. Описание структурных моделей пористых сред.
6. Определение основных фильтрационно-емкостных свойств продуктивных природных резервуаров: коэффициентов пористости, проницаемости, нефте-, и газо- и водонасыщенности.
7. Методы математического моделирования продуктивных нефтегазоносных пластов. Краткий анализ методик расчета локальных и интегральных параметров при сложном течении смесей.

Названия лабораторных работ:

6. Исследование структуры гетерофазных сред в нефтяных скважинах и приповерхностных пластах. Построение карты режимов течений потоков.
7. Детали фильтрационных свободно конвективных течений флюидов в проницаемых зонах. Быстропротекающие явления.
8. Подбор исходных данных и построение секторных математических моделей на реальных геологических объектах.

Тематика курсового проекта (теоретический раздел)

1. Математические модели однофазной изотермической фильтрации
2. Одномерные установившиеся потоки несжимаемой жидкости в недеформируемом однородном изотропном пласте
3. Построение упрощенной интегрированной модели газового месторождения X
4. Построение PVT-модели (Black oil)

5. Построение модели системы сброса
6. Построение модели скважины
7. Построение модели системы сбора газа
8. Построение модели кустовой площадки с добывающими скважинами
9. Построение обвязки запорной переключательной арматуры на входе в УКПП
10. Расчет фактического режима работы скважин на начальном этапе разработки месторождения.
11. Расчет режима работы скважины для проведения ГДИ.
12. Расчет технологического режима работы скважин.
13. Расчет температурного режима эксплуатации, оптимизационных расчетов и магистрального газопровода с применением ПО PIPESIM при эксплуатации газового месторождения
14. Построение упрощенной интегрированной модели нефтяного месторождения Y (добывающий фонд).
15. Построение модели скважины и оборудования без учета взаимное влияния элементов добычи.
16. Расчет системы сбора и нагнетания с учетом скважин, источников и взаимного влияния элементов добычи.
17. Расчет образования гидратных пробок в системе добычи.
18. Расчет температурного режима эксплуатации скважин и системы сбора

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- *Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы, привлечение электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;*
- *Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;*
- *Поиск, анализ, структурирование и презентация информации по проблемному направлению;*
- *Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме исследования и моделирования задач НГО;*
- *Вынесение на защиту темы исследования, определенной преподавателем, на научном семинаре (ЦППС НД, ИШПР, НИ ТПУ) с последующим представлением материалов на студенческих конференциях и симпозиумах.*
- *Подготовка к оценивающим мероприятиям в рамках рубежного и текущего контроля по итогам проведения самостоятельных исследований.*

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Калиткин, Николай Николаевич. Численные методы [Электронный ресурс] учебник в электронном формате: / Н. Н. Калиткин, Е. А. Альшина. — Москва: Академия, 2013. Кн. 1: Численный анализ. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). — 2013. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Библиогр.: с. 293-295. — Доступ из корпоративной

- сети ТПУ. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше. — ISBN 978-5-7695-5089-8. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-11.pdf> (контент) (дата обращения: 17.06.2019). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный.
2. Калиткин, Николай Николаевич. Численные методы [Электронный ресурс] учебник в электронном формате: / Н. Н. Калиткин, Е. А. Альпина . — Москва: Академия , 2013. Кн. 2: Методы математической физики . — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). — 2013. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Библиогр.: с. 298-299. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше. — ISBN 978-5-7695-5091-1. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-12.pdf> (контент) (дата обращения: 17.06.2019). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный.
 3. Методы математической физики. Специальные функции. Основы комплексного анализа. Элементы вариационного исчисления и теории обобщенных функций = Methods of Mathematical Physics. Foundations of Complex Analysis. Elements of Calculus of Variations and Theory of Generalized Functions. Workbook: рабочая тетрадь [Электронный ресурс] / В. Г. Багров [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Физико-технический институт (ФТИ), Кафедра высшей математики и математической физики (ВММФ). — 1 компьютерный файл (pdf; 1.2 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Текст на английском языке. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m145.pdf> (контент) (дата обращения: 17.06.2019). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный.
 4. Методы математической физики. Асимптотические методы = Methods of Mathematical Physics. Asymptotic Methods: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. Г. Багров [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Физико-технический институт (ФТИ), Кафедра высшей математики и математической физики (ВММФ). — 1 компьютерный файл (pdf; 1.2 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Текст на английском языке. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m143.pdf> (контент) (дата обращения: 17.06.2019). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный.

Дополнительная литература:

1. Алиев, Али Вейсович. Математическое моделирование в технике / А. В. Алиев, О. В. Мищенко. — Ижевск; Москва: Институт компьютерных исследований, 2012. — 476 с.: ил. — Библиогр.: с. 461-475. — ISBN 978-5-4344-0076-3. — Текст непосредственный.
2. Зарубин, Владимир Степанович. Математическое моделирование в технике: учебник для вузов / В. С. Зарубин; Под ред. В. С. Зарубина; А. П. Крищенко. — 2-е изд., стер. — Москва: Изд-во МГТУ, 2003. — 495 с.: ил. — Математика в техническом университете. Вып. XX1, заключительный. — К 175-летию МГТУ им. Н. Э. Баумана. — Библиогр.: с. 402-489. — ISBN 5-7038-1435-9. — ISBN 5-7038-1270-4. — Текст непосредственный.

3. Пятницкий, Лев Николаевич. Уравнение Навье-Стокса и турбулентные пульсации / Л. Н. Пятницкий. — Москва: Граница, 2006. — 192 с.: ил. — Библиогр.: с. 179-186. — ISBN 5-94691-235-6. — Текст непосредственный.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

- Информационно-справочная система «Кодекс» - <http://kodeks.lib.tpu.ru/>
- Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
- Электронно-библиотечная система «Консультант студента»
<http://www.studentlibrary.ru/>
- Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
- Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
- Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. LibreOffice;
2. Schlumberger (Petrel, Eclipse, Techlog, Pipesim);
3. Roxar (Tempest, RMS);
4. WellFlo;
5. FracPro_2019;
6. Webex Meetings;
7. Google Chrome;
8. Zoom.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Компьютер - 13 шт.; Проектор - 1 шт.; Экран 180*180 – 1 шт.; Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест; WinDjView, Acrobat Reader DC, Chrome, LibreOffice, Webex Meetings, Zoom. Corel Draw X5, tNavigator, Schlumberger (Petrel, Eclipse, Techlog, Pipesim), Roxar (Tempest, RMS), WellFlo, Pansys, SubPUMP, FracPro_2019	634034, Томская область, г. Томск, Советская улица, д. 73, стр. 1, 240

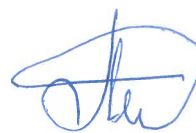
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Petroleum Engineering / Нефтегазовый инжиниринг» по специализации «Petroleum Engineering / Нефтегазовый инжиниринг» направления 21.04.01 «Нефтегазовое дело» (прием 2019 г., очная форма).

Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОНД, к.ф.-м.н.		Матвеев И.В.

Программа одобрена на заседании Отделения нефтегазового дела (протокол от «25» июня 2019 г. №15).

Руководитель выпускающего отделения
И.о. заведующего кафедрой – руководителя ОНД
на правах кафедры, д.г.-м.н, профессор



/Мельник И.А./

подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения нефтегазового дела ИШ ПР НИ ТПУ (протокол)
2020/2021 учебный год	1. Актуализировано содержание раздела «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины». 2. Обновлено содержание программы (перечень практических и лабораторных занятий). 3. Обновлено программное обеспечение. 4. Обновлен список профессиональных баз данных и информационно-справочных систем. 5. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС.	От « 26 » июня 2020 г., протокол № 25