

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
 УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
 УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ИНПР

Н.В. Гусева

«30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2019 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

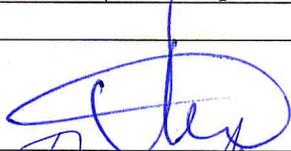
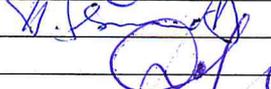
**Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли. Методы математической физики**

Направление подготовки/ специальность	<b>21.04.01 «Нефтегазовое дело»</b>	
Образовательная программа (направленность (профиль))	<b>«Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»</b>	
Специализация	<b>«Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»</b>	
Уровень образования	высшее образование – магистратура	
Курс	<b>1</b>	<b>1</b>
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	<b>6</b>	
Виды учебной деятельности	Временной ресурс	
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	<b>8</b>
	Практические занятия	<b>32</b>
	Лабораторные занятия	<b>24</b>
	<b>ВСЕГО</b>	<b>64</b>
Самостоятельная работа, ч		<b>152</b>
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		<b>курсовая работа</b>
<b>ИТОГО, ч</b>		<b>216</b>

Вид промежуточной аттестации

<b>экзамен диф. зачет</b>	<b>Обеспечивающее подразделение</b>	<b>ОНД</b>
-------------------------------	---	------------

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

	<b>И.А. Мельник</b>
	<b>П.Н. Зятиков</b>
	<b>С.Н. Харламов</b>

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли. Методы математической физики» 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
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	И.УК(У)-4.3	Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные	УК(У)-4.3В3	Владеет опытом представления результатов академической и профессиональной деятельности
				УК(У)-4.3У3	Умеет логически верно, аргументировано и ясно строить устную речь, в том числе на иностранном языке
				УК(У)-4.3З3	Знает правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации
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)-1.1В1	Владеет навыками решения задач в своей предметной области на основе физического и программного моделирования
				ОПК(У)-1.1У1	Умеет применять средства физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий
				ОПК(У)-1.1З1	Знает методы и средства формализации данных, собственно моделирования, постановки различных задач и решения их на модели, а также интерпретации результатов моделирования
				И.ОПК(У)-1.2	Использует фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач нефтегазового производства
		ОПК(У)-1.2У2	Умеет применять математические, естественнонаучные и инженерные знания в профессиональной деятельности		
		ОПК(У)-1.2З2	Знает основные профессиональные программные комплексы в области математического моделирования технологических процессов и объектов добычи углеводородного сырья		

## 2. Место дисциплины 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	Владеет знаниями о классических методах математической физики, аналитической теории сопротивления и тепло- и массообмена, моделях процессов переноса в сложных УВ средах в нефте-газонасыщенных бассейнах, способах решения междисциплинарных инженерных задач по исследованию особенностей и закономерностей явлений, сопровождающих добычу и транспорт углеводородных сред (УВ), очистку смесей, динамику флюидных гидротермальных систем в процессах разработки и эксплуатации нефтяных скважин и месторождений.	И.УК(У)-4.3 И.ОПК(У)-1.1 И.ОПК(У)-1.2
РД 2	Умеет выбирать оптимальные режимы функционирования оборудования нефтегазовой отрасли, ориентируясь на решение проблем добычи, транспорта, хранения УВ, очистки устройств и деталей от бурового шлама и т.д.	И.УК(У)-4.3 И.ОПК(У)-1.1 И.ОПК(У)-1.2
РД 3	Используя методы математического моделирования исследует процессы переноса импульса, тепла и массы в энергонапряженных зонах и элементах НГ оборудования. Предсказывает аварийные режимы работы по данным распределений локальных и интегральных параметров процессов.	И.УК(У)-4.3 И.ОПК(У)-1.1 И.ОПК(У)-1.2
РД4	Владеет прикладными методиками расчета оптимальных режимов работы оборудования нефтегазовой отрасли, описания техногенных систем и моделирования процессов в нефтяных скважинах и приповерхностных пластах, оптимизации процессов добычи полезных ископаемых, а так же при прогнозе эндогенных процессов и решении связанных с ними задач геодинамики, накопления и образования природного сырья в коллекторах на больших глубинах.	И.УК(У)-4.3 И.ОПК(У)-1.1 И.ОПК(У)-1.2
РД5	Владеет современными методами исследования течений, процессов, явлений в сложных средах, внешних и ограниченных системах, имеет опыт построения решений задач о процессах в движущихся средах в ограниченных областях со стенками различного структурного состава и произвольными изменениями физических и механических свойств и реологических связей.	И.УК(У)-4.3 И.ОПК(У)-1.1 И.ОПК(У)-1.2
РД6	Самостоятельно учится и непрерывно повышает свою квалификацию инженера-исследователя характеристик гомогенных и гетерогенных УВ сред, оказывающих влияние на работу НГ Оборудования, загрязнения и очистки данных устройств в течение всего периода обучения	И.УК(У)-4.3 И.ОПК(У)-1.1 И.ОПК(У)-1.2

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.
<b>Раздел 1.</b> Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.	РД1, РД2	Лекции	1
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	12
<b>Раздел 2.</b> Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта, хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений). Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий	РД1 - РД5	Лекции	2
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	35
<b>Раздел 3.</b> Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения	РД1 - РД6	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	35
<b>Раздел 4.</b> Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей, повышения эффективности НГО. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы.	РД1 - РД6	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	35
<b>Раздел 5.</b> Анализ причин и механизмов моделирования воспламенения и горения метано-пропано-водородо-воздушной смеси	РД1 - РД6	Лекции	1
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	35

Содержание разделов дисциплины:

<b>Раздел 1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.</b>
---

Теоретические модели, схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. 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 Уравнения математической физики в исследовании гидрогазодинамических и тепловых процессов, климатических характеристик и параметров состава грунтов

### **Темы практических занятий:**

1. Жесткие и мягкие математические модели. Качественные методы исследования дифференциальных уравнений. Математические модели трудноформализуемых объектов.
2. Алгебраические и дифференциальные, интегральные и функциональные уравнения в комплексном физико-математическом моделировании.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Исследование эволюции структуры внутренних вязких потоков на дистальных участках и проксимальных областях каналов с произвольной границей поверхности стенки.

<b>Раздел 2. Методы математического моделирования процессов транспорта природного сырья. Способы дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий.</b>
---

Определяющие уравнения к описанию гидрогазодинамики и тепломассопереноса. Элементы теории подобия. Безразмерная форма уравнений в описании основных режимов течения и тепломассопереноса. Постановки задач к исследованию сопротивления и теплообмена в гомогенных и гетерогенных смесях. Методы верификации алгоритма и моделей течения и тепломассопереноса. Сравнительный анализ моделей и пакетов многоблочных вычислительных технологий при течении сложных сред.

### **Темы лекций:**

3. Специальные задачи теорий сопротивления и теплопередачи, линейной и нелинейной механики сплошных сред, упругости и турбулентности.
4. Особенности моделирования и расчета сложных сдвиговых сред. Специальные способы фазового, термического разделения. Технологии моделирования течений и тепломассопереноса. Задачи Герца о сжатии упругих тел, теплообмене и сопротивлении в вязких средах.

### **Темы практических занятий:**

3. Тепло-, гидро-, и газодинамические модели сплошных сред. Закономерности развития сред по пространству и времени в условиях неизотермичности и много масштабности процессов переноса.
4. Течение в каналах и скважинах, сопряженные задачи тепло- и массообмена.
5. Моделирование стационарных и нестационарных, изотермических и неизотермическое внутренних и внешних течений.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Исследование аксиального течения несжимаемой вязкой среды с эксцентрично расположенным ядром
2. Течение в кольцевом зазоре при поступательном движении внутреннего ядра (цилиндра)
3. Ламинарное течение в узкой щели

<b>Раздел 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения.</b>
--

Теплообмен и сопротивление в трубах при переменных физических свойствах и граничных условиях 1-го рода в термическом начальном участке. Теплообмен при произвольном тепловом потоке на стенке канала. Метод суперпозиции. Влияние переменности физических свойств на трение и теплообмен при граничных условиях 2-го рода. Моделирование нагрузок на трубопровод в условиях стационарного и нестационарного ламинарного и турбулентного движения смесей. Процедура дискретизации уравнений.

Анализ деталей процессов при пространственной деформации среды.

**Темы лекций:**

- 5 Задача-Гретца-Нуссельта в моделировании тепловых режимов для внутренних систем и методы ее решения.
- 6 Моделирование структуры потоков для внутренних и внешних задач механики сплошных сред. Нелинейности 1-3 рода в краевых задачах. Специальные методы исследования сопряженных процессов в термодинамических системах.

**Темы практических занятий:**

6. Теплогидродинамическое подобие и метод анализа размерностей в задачах НГО.
7. Ламинарное изотермическое течение во внутренних системах, трубопроводах, каналах в условиях теплоизоляции и при наличии постоянного теплового потока к стенкам. Асимптотическое решение для малых расстояний. Расчет профилей поля скорости и температуры при установившемся турбулентном течении в трубопроводах с идеально гладкой стенкой. Смещение двух потоков идеальных газов в трубопроводе в условиях стационарного турбулентного движения. Распределение концентраций в твердых стенках и в ламинарном потоке. Формулировки решений диффузионных задач.

**Названия лабораторных работ:**

4. Тангенциальное течение неньютоновской жидкости в кольцевом канале
5. Радиальное течение между коаксиальными цилиндрами
6. Вычисление потерь на трение в каналах с криволинейной стенкой при изотермическом течении жидкости через диафрагму. Неньютоновские среды
7. Одновременный тепло – и массообмен. Задача о смешении жидкостей в рамках метода анализа размерностей к определению времени смешения

**Раздел 4. Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы.**

Физико-математические основы моделирования турбулентности. Качественные представления о развивающихся течениях смесей. Динамика вихревых потоков. Уравнения Рейнольдса. Масштабы движения. Технологический расчет течений реологически сложных углеводородных сред в условиях устойчивого и переходного режимов. Процедура вычисления падения полного напора. Построение алгоритма определения поля давления в рециркуляционных внутренних потоках. Метод Л.М. Симуни

**Темы лекций:**

- 7 Фундаментальные положения статистической теории турбулентности. Подходы и методы исследования устойчивых и неустойчивых процессов в задачах НГО.
- 8 Модели и методы исследования внутренних потоков углеводородных сред в полях действия массовых сил.

**Темы практических занятий:**

8. Сопротивление и тепломассообмен, сопровождающийся гомогенной и гетерогенной химической реакцией.
9. Многокомпонентные системы. Термодиффузия. Бародиффузия. Динодиффузия
10. Теория пограничного слоя. Приближенные методы. Точные решения для одновременного переноса тепла, массы и импульса.
11. Современные методы расчета турбулентного течения при граничных условиях 1 и 2 рода для тепловых процессов

### **Названия лабораторных работ:**

8. Закономерности распределения диффузионного поля вещества, исчезающего из объема в результате химической реакции при ламинарном или турбулентном течении во внутренних системах. Установить различия между процессами тепло- и массопереноса при миграции смесей в трубах, скважинах и отложений УВ в замкнутых областях.
9. Условия одновременного переноса тепла, массы и количества движения в гомогенных УВ смесях: метод аналогий и его значение в прогнозе явлений интенсификации переносов
10. Исследование процессов переноса методами теории подобия и анализа размерностей в исследованиях неизотермических течений гомогенных вязких сред в каналах.
11. Эффекты второго порядка в процессах переноса при течении смесей. Сопоставление эффектов: влияния массопереноса на одновременный теплоперенос и теплопереноса – на сопутствующий ему массоперенос при движении УВ сред в узких пристеночных областях труб.

## **Раздел 5. Анализ причин и механизмов моделирования воспламенения и горения метано-пропано-водородо-воздушной смеси.**

Общие замечания по физическому и математическому моделированию реагирующих смесей. Модели химических реакций. Технология численного алгоритма расчета химически реагирующей смеси. Анализ методов моделирования горения пропано-водородо-воздушной смеси. Интерпретация и визуализация результатов расчета сложных потоков.

### **Темы лекций:**

9. Детали построения физико-математических моделей химически реагирующих сред.
10. Основные численные методы в исследовании задач НГО. Рекомендации по контролю, управлению алгоритмом, обработке и интерпретации результатов исследования.

### **Темы практических занятий:**

12. Численные методы решения краевых задач. Разностные уравнения. Модификация метода прогонки. Решение сопряженных задач гидродинамики и тепломассопереноса.
13. Технология численного анализа гидродинамики и теплообмена в трубопроводах переменного поперечного сечения.
14. Постановки и алгоритмы решения задач гидродинамики и тепломассопереноса при турбулентном течении с применением моделей турбулентности второго порядка.
15. Методы моделирования газовой опасности. Воспламенение смеси и тепловое поражение. Краткий анализ методик расчета локальных и интегральных параметров при сложном течении смесей.

### **Названия лабораторных работ:**

12. Исследование структуры гетерофазных сред в нефтяных скважинах и приповерхностных пластах. Построение карты режимов течений потоков.
13. Детали фильтрационных свободно конвективных течений флюидов в проницаемых зонах. Быстропротекающие явления.
14. Процессы смешанного тепломассопереноса в замкнутых областях и глубинных зонах. Определение зон основного сопротивления тепло- и массопереносу.
15. Процессы в прискваженных зонах. Моделирование двухфазных сред через рассмотрение совместного движения и деформирования обеих фаз с учетом механических и термодинамических эффектов, возникающих из-за несовпадения скоростей фаз.

### Темы курсовых работ:

1. Моделирование движения тяжёлого газа в приземном слое атмосферы
2. Математическое моделирование нестационарных газожидкосных потоков: модель газопроявления при бурении скважин
3. Моделирование процесса сепарации: повышение степени извлечения конденсирующихся УВ из нефтяного газа.
4. Процессы фильтрации жидкостей с применением современных технологий на основе свойств механической «стоячей волны»
5. Современное состояние проблем и методов акустического воздействия на процессы добычи и транспорта нефти
6. Влияние электромагнитного поля на гидродинамику и тепломассоперенос при течении смесей в трубах
7. Моделирование процессов притока флюида к горизонтальной скважине
8. Закономерности гидродинамики и тепломассопереноса при исследовании задач в природе и технике
9. Моделирование процесса фильтрации с учетом нелинейного закона фильтрации в низкопроницаемых коллекторах
10. Применение теории подобия в исследованиях процесса сепарации фаз при газификации сжиженного природного газа

### 5. Организация самостоятельной работы студентов. Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- **Комплексная работа** с лекционным материалом, а также 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;
- **Критический анализ** научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме исследования и моделирования задач НГО;
- **Вынесение на обсуждение и защиту** авторского материала темы исследования на специализированном семинаре МНОЛ “Нефтегазовая гидрогазодинамика и тепломассоперенос” (ОНД ИШ НИ ТПУ) с целью последующего представления работы на площадках отечественных и зарубежных конференций и симпозиумов.
- Подготовка к оценивающим мероприятиям [рубежными (в рамках текущего контроля итогов самостоятельной работы) выступают 4 ежемесячных коллоквиума, определяющих готовность студента по теоретическим и практическим вопросам дисциплины М1.БМ2.1 «Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли. Методы математической физики»).

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Кудряшов, Н. А. Методы нелинейной математической физики: учебное пособие / Н. А. Кудряшов. - 2-е изд. - Долгопрудный: Интеллект, 2010. - 364 с. - ISBN 978-5-91559-088-4. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/247670> (дата обращения: 10.12.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Методы математической физики. Специальные функции. Уравнения математической физики = Methods of Mathematical Physics. Special Functions. Equations of Mathematical Physics.

Study aid: 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; 1.6 МВ). — 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/m146.pdf> (контент)

3. Абакумов, М. В. Лекции по численным методам математической физики: Уч.пос./ М.В.Абакумов, А.В.Гулин; МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет вычисл. математике и кибернетики. - Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2013-158 с. (ВО:Бакалавр.). ISBN 978-5-16-006108-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/364601> (дата обращения: 10.12.2020). – Режим доступа: по подписке

### Дополнительная 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; 740МВ). — 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)

2. Калиткин, Николай Николаевич. Численные методы [Электронный ресурс] учебник в электронном формате: / Н. Н. Калиткин, Е. А. Альшина. — Москва : Академия, 2013

Кн. 2: Методы математической физики. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — 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)

3. Цветков, Федор Федотович. Тепломассообмен: учебник для вузов/ Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев: учебник для вузов / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. — Москва: Изд-во МЭИ, 2011. — 559 с.: ил.. — Библиография: с. 555-556. — Алфавитно-предметный указатель: с. 557-559.. — ISBN 978-5-383-00563-7.

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

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

Информационно-справочных 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/>

Журнал «Нефтегазовое дело» – <http://www.ngdelo.ru/>

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

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic,
2. Google Chrome.

3. Document Foundation LibreOffice;
4. Cisco Webex Meetings;
5. Виртуальный учебный комплекс «Арматура газонефтепровода». Договор 24749 от 18.12.2019г. Срок действия лицензий – бессрочная.
6. Frost-3D. Договор 13/538 от 26.09.2019 г. Срок действия лицензий – 1 год.
7. PIPESIM 2019 Academic Floating. Договор TPU-SIS-LA-11-2014 от 22.12.2014. Срок действия лицензий – бессрочная.

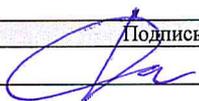
## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория). 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, аудитория 113.	Лабораторный стенд "Уравнение Бернулли" - 1 шт.; Лазерный доплеровский измеритель скорости потока - 1 шт.; Стенд лабораторный "Поток" - 1 шт.; Доска мобильная (флип-чарт) - 1 шт.;
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, аудитория 305.	Комплект учебной мебели на 90 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 2 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория). 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, аудитория 150.	Коррозиметр "Магистраль-1" в комплекте с ноутбуком - 2 шт.; Установка для исследования трещин в трубопроводах - 1 шт.; Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для приборов - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 21.04.01 «Нефтегазовое дело», профиль «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» (приема 2019 г., очная форма обучения).

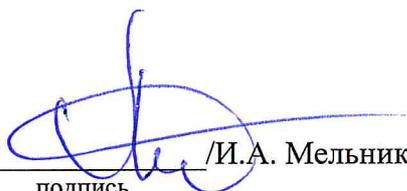
Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Профессор, д.ф-м.н.		С.Н. Харламов

Программа одобрена на заседании Отделения нефтегазового дела

(протокол от «24» июня 2019г. №15).

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

  
/И.А. Мельник/  
подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОНД (протокол)
2019_/2020 учебный год	Актуализировано содержание раздела «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»	От 24. 06.2019 г. № 15
2020_/2021 учебный год	Актуализировано содержание раздела «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»	От 26.06.2020 г. № 25