

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Рабочая программа дисциплины (модуля)  
**ГИДРАВЛИКА И НЕФТЕГАЗОВАЯ ГИДРОМЕХАНИКА**

Направление и направленность (профиль)  
21.03.01 Нефтегазовое дело. Нефтегазовое дело

Год набора на ОПОП  
2022

Форма обучения  
очная

Владивосток 2024

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело (утв. приказом Минобрнауки России от 09.02.2018г. №96) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. N245).

Составитель(и):

*Городников О.А., старший преподаватель, Кафедра транспортных процессов и технологий, [Gorodnikov.O@vvsu.ru](mailto:Gorodnikov.O@vvsu.ru)*

Утверждена на заседании кафедры транспортных процессов и технологий от 21.05.2024, протокол № 6

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Гребенюк И.В.

<b>ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ</b>	
Сертификат	iv_1642677251
Номер транзакции	00000000099655С
Владелец	Гребенюк И.В.

## 1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью освоения дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» является формирование у обучающихся комплекса знаний в области гидравлики и нефтегазовой гидромеханики, направленных на приобретение умений и навыков для сооружения и ремонта объектов систем трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- овладеть знанием основных законов гидравлики и нефтегазовой гидромеханики;
- уметь сформулировать, поставить и решить конкретную гидравлическую задачу;
- овладеть рядом методик решения инженерных задач, таких как, гидравлический расчет простых и сложных трубопроводов, определение дебита скважин;
- овладеть методиками расчета устройств и сооружений трубопроводного транспорта, нефтяных и газовых скважин, работающих на законах сжимаемых и несжимаемых жидкостей;
- уметь выбрать обоснованный и оптимальный метод решения инженерной задачи с использованием технической, научной и справочной литературы.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине		
			Код результата	Формулировка результата	
21.03.01 «Нефтегазовое дело» (Б-НД)	ОПК-1 : Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания	ОПК-1.2к : использует естественнонаучные методы и модели в технических приложениях, выделяет конкретное содержание в прикладных задачах	РД1	Знание	основ математического и физического моделирования гидравлических процессов движения жидкости в трубах и открытых потоках; вопросов обоснования моделей ЭГДА для двухмерных профильных и плановых потоков; уравнений состояния сжимаемой жидкости, общего уравнения установившегося движения сжимаемых жидкостей
			РД2	Умение	создавать модели исследуемого гидравлического процесса для конкретных технологических условий; устанавливать функциональную связь между факторами, обуславливающими изучаемый процесс;

												решать практические задачи фильтрации, связанные с количественной оценкой фильтрации жидкости; определять массовую скорость и массовый расход жидкости
					РДЗ	Навык						применения уравнений математического моделирования, условий, параметров и критериев подобия физического моделирования; методов учета гидродинамического несовершенства скважин и границ питания; методов расчета неустановившейся фильтрации упругой (сжимаемой)

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Гидравлика и нефтегазовая гидродинамика» входит в структуру базовой части учебного плана направления 21.03.01 Нефтегазовое дело.

## 3. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

Название ОПОП ВО	Форма обучения	Часть УП	Семестр (ОФО) или курс (ЗФО, ОЗФО)	Трудоемкость (З.Е.)	Объем контактной работы (час)					СРС	Форма аттестации	
					Всего	Аудиторная			Внеаудиторная			
						лек.	прак.	лаб.	ПА			КСР
21.03.01 Нефтегазовое дело	ОФО	Б1.Б	4	4	73	36	18	18	1	0	71	Э

## 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

### 4.1 Структура дисциплины (модуля) для ОФО

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля для ОФО

№	Название темы	Код результата обучения	Кол-во часов, отведенное на				Форма текущего контроля
			Лек	Практ	Лаб	СРС	
1	Гидравлика	РД1, РД2, РД3	18	9	9	53	Собеседование, практическая работа, лабораторная работа
2	Нефтегазовая гидромеханика	РД1, РД2, РД3	18	9	9	18	Собеседование, практическая работа, лабораторная работа
<b>Итого по таблице</b>			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>71</b>	

#### 4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ОФО

##### *Тема 1 Гидравлика.*

Содержание темы: Тема 1.1. Введение в гидравлику и гидромеханику. Цели и задачи дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика». Роль гидравлики и гидромеханики в нефтегазовой промышленности объектов трубопроводного транспорта. Тема 1.2. Основные физические свойства жидкостей и газов. Плотность жидкости, объемный вес, упругость, температурное расширение. Вязкость жидкости. Закон жидкостного трения И. Ньютона. Касательные напряжения. Приборы для измерения вязкости жидкости. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Реологические законы неньютоновских вязких несжимаемых жидкостей. Тема 1.3. Законы и уравнения статики жидкостей и газов. Гидростатическое давление и его свойства. Единицы измерения гидростатического давления. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости в форме Эйлера. Решение дифференциальных уравнений Эйлера для жидкости, находящийся в поле силы тяжести. Основное уравнение гидростатики. Виды давления: абсолютное, манометрическое, вакуумметрическое. Приборы для измерения давления в жидкостях и газах. Закон Паскаля и примеры его практического применения. Сила давления жидкости на поверхности. Сила давления жидкости на твердые плоские поверхности. Сила давления жидкости на криволинейные поверхности. Сила давления жидкости на замкнутую поверхность (закон Архимеда). Сила давления жидкости на стенки круглой трубы. Сила давления жидкости, отрывающая отвод трубы. Тема 1.4. Основы кинематики жидкости и газа. Основные понятия теории поля. Поле скоростей и давлений в жидкости. Линия тока, траектория жидкой частицы, трубка тока, элементарная струйка и ее свойства. Струйная модель потока. Методы изучения движения жидкости (метод Эйлера и Лагранжа). Движение жидкости установившееся неустановившееся, равномерное, неравномерное, струйное, вихревое. Тема 1.5. Основные законы гидродинамики. Основные понятия и определения гидродинамики. Расход жидкости. Средняя скорость движения жидкости. Уравнения неразрывности для сжимаемой и несжимаемой жидкости. Дифференциальные уравнения движения невязкой жидкости Эйлера. Интеграл Бернулли. Уравнения Д. Бернулли для струйки и потока идеальной и реальной жидкости. Интерпретация уравнения Бернулли. Тема 1.6. Гидравлические сопротивления. Виды гидравлических сопротивлений и потерь напора. Режимы движения жидкости. Опыты Рейнольдса. Основные особенности и закономерности ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости. Графики Никурадзе и Мурина. Местные гидравлические сопротивления. Виды местных сопротивлений. Теорема Борда-Карно. Экспериментальное определение коэффициентов местных сопротивлений. Взаимное влияние местных сопротивлений. Тема 1.7. Гидравлический расчет трубопроводов. Назначение трубопроводов классификация трубопроводов. Основные задачи, решаемые при гидравлическом расчете трубопроводов. Методы расчета трубопроводов. Расчет простого трубопровода. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов. Гидравлический расчет трубопроводов, работающих под вакуумом. Расчет сложных трубопроводов. Расчет магистральных

нефтепроводов. Особенности расчета газопроводов. Неустановившееся движение жидкости в трубах. Явление гидравлического удара. Формула Н. Е. Жуковского. Меры снижения ударного давления. Тема 1.8. Истечение жидкости из отверстий и насадок. Установившееся истечение жидкости из малого отверстия в «тонкой» стенке. Коэффициенты сжатия, скорости, расхода малого отверстия. Виды насадок. Истечение жидкости из внешнего цилиндрического насадка. Назначение насадок. Коэффициенты скорости и расхода насадок. Истечение жидкости из конических насадок. Истечение жидкости из отверстий и насадок при переменном напоре.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекции, практические занятия, лабораторные работы.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: изучение конспекта лекций, подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам.

### *Тема 2 Нефтегазовая гидромеханика.*

Содержание темы: Тема 2.1. Нефтегазовая гидромеханика как наука, основные понятия и определения. Нефтегазовая гидромеханика как наука. Задачи, решаемые подземной гидромеханикой (подземной гидравликой) в области разработки нефтяных и газовых месторождений. Основные представления нефтегазовой гидромеханики. Характеристика нефтегазовоносных систем, условия их формирования. Основные понятия и законы фильтрации нефти, газа и воды. Особенности движения флюидов в пористых средах. Пористая среда и её фильтрационные характеристики. Скорость фильтрации. Закон Дарси – линейный закон фильтрации. Границы применимости закона Дарси. Фильтрационный критерий Рейнольдса. Нелинейные законы фильтрации. Тема 2.2. Установившееся движение несжимаемой жидкости в пористой среде. Структура фильтрационных потоков. Установившееся движение несжимаемой жидкости в пористой среде по линейному (нелинейному) закону фильтрации (одномерное и плоскорадиальное). Определение расхода, распределение давления в одномерном и плоскорадиальном потоках. Движение жидкости к гидродинамически несовершенным скважинам. Способы учета гидродинамического несовершенства скважин. Тема 2.3. Задачи подземной гидравлики в решении вопросов водопонижения при сооружении объектов систем трубопроводного транспорта. Типы и схемы размещения дренажных сооружений. Расчет расхода и пьезометрического напора стационарных потоков подземных вод в естественных условиях при однородных и закономерно неоднородных строениях пласта. Расчет расхода и пьезометрического напора стационарных потоков подземных вод к одиночным и взаимодействующим скважинам, расположенным в неограниченных и полуограниченных пластах. Использование метода суперпозиций и метода зеркальных отображений для учета взаимовлияния скважин и влияния границ пласта. Понятие напорной функции, ее использование при решении задач фильтрации. Тема 2.4. Основы моделирования фильтрации к дренажным сооружениям. Виды моделирования фильтрации и его задачи. Начальные и граничные условия. Метод электрогидродинамических аналогий (ЭГДА). Характеристика материала моделей ЭГДА. Определение удельного сопротивления электропроводной бумаги и модели. Типы электропроводных шин и условия их применения. Моделирование границ пласта на моделях ЭГДА. Масштабы моделирования, их определение для профильных и плановых потоков. Особенности моделирования профильных и плановых потоков. Понятия действующего напора, приведенного напора и приведенного потенциала, их использование при моделировании. Определение положения кривой депрессии безнапорного профильного потока. Построение гидродинамической сетки потока жидкости. Расчет по гидродинамической сетке скорости фильтрации и расхода потока подземных вод. Тема 2.5. Особенности проведения исследований фильтрационных потоков на моделях ЭГДА. Исследование профильного напорного потока подземных вод постоянной мощности. Исследование планового напорного потока подземных вод к скважине, расположенной у гидравлически совершенной границы

питания. Исследование профильного безнапорного потока грунтовых вод на горизонтальном водоупоре. Исследование планового безнапорного потока грунтовых вод к скважинам, расположенным у гидравлически совершенной границы питания. Тема 2.6. Движение сжимаемой (упругой) жидкости, газа и их смесей в пористой среде. Установившееся движение сжимаемой (упругой) жидкости в пористой среде. Уравнение состояния сжимаемой жидкости. Общее уравнение установившегося движения сжимаемых жидкостей, функция Лейбензона. Массовая скорость и массовый расход жидкости. Установившееся движение идеального газа в пористой среде. Установившееся движение неоднородных жидкостей в пористой среде. Двухфазная фильтрация несмешивающихся жидкостей; основные положения теории многофазных пластовых систем. Неустановившееся движение упругой (сжимаемой) капельной жидкости при работе скважин с постоянным дебитом.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекции, практические занятия, лабораторные работы.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: изучение конспекта лекций, подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам.

## **5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)**

### **5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы**

В ходе изучения данного курса студент слушает лекции по основным темам, посещает практические занятия, занимается индивидуально. Практические занятия предполагают, как индивидуальное, так и групповое выполнение поставленных задач, коллективное обсуждение полученных результатов.

Особое место в овладении данным курсом отводится самостоятельной работе по изучению литературы, электронных изданий, работе с библиотечными и поисковыми системами.

Начиная изучение дисциплины, студенту необходимо:

- ознакомиться с программой, изучить список рекомендуемой литературы;
- внимательно разобраться в структуре курса, в системе распределения учебного материала по видам занятий, формам контроля, чтобы иметь представление о курсе в целом;
- информационные технологии: Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian.

### **5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

## **6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

## **7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **7.1 Основная литература**

1. Гусев, А. А. Основы гидромеханики : учебное пособие для вузов / А. А. Гусев. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 56 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15854-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/509882> (дата обращения: 24.01.2024).

2. Нефтегазовая гидромеханика : учебное пособие / А. А. Вольф, Л. М. Кадочникова, А. И. Цепляева [и др.]. — Тюмень : ТИУ, 2022. — 83 с. — ISBN 978-5-9961-2715-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/304091> (дата обращения: 22.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Сазанов, И. И. Гидравлика : учебник / И. И. Сазанов, А. Г. Схиртладзе, В. И. Иванов. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2019. - 320 с. — (Бакалавриат). - ISBN 978-5-906818-77-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1015048> (дата обращения: 01.03.2023). — Режим доступа: по подписке.

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Гидравлика : методические указания / Денисов С.В., Мишанин А.Л., Киров Ю.А., Бухвалов Г.С. — Кинель : РИО СамГАУ, 2020 .— 123 с. — URL: <https://lib.rucont.ru/efd/718737> (дата обращения: 18.01.2024)

2. Сологаев, В. И. Задачи по гидравлике (механика жидкости и газа) : учебное пособие / В. И. Сологаев. — Омск : СибАДИ, 2020. — 24 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163729> (дата обращения: 22.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):**

1. Образовательная платформа "ЮРАЙТ"
2. Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM" - Режим доступа: <https://znanium.com/>
3. Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ"
4. Электронно-библиотечная система "РУКОНТ"
5. Open Academic Journals Index (ОАИ). Профессиональная база данных - Режим доступа: <http://oaji.net/>
6. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: <https://www.prlib.ru/>



7. Информационно-справочная система "Консультант Плюс" - Режим доступа:  
<http://www.consultant.ru/>

**8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения**

Основное оборудование:

- Компьютеры
- Проектор
- Экран на треноге MediumStandart

Программное обеспечение:

- AutoCAD
- Acrobat
- Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля  
и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

**ГИДРАВЛИКА И НЕФТЕГАЗОВАЯ ГИДРОМЕХАНИКА**

Направление и направленность (профиль)  
21.03.01 Нефтегазовое дело. Нефтегазовое дело

Год набора на ОПОП  
2022

Форма обучения  
очная

Владивосток 2024

## 1 Перечень формируемых компетенций

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции и	Код и формулировка индикатора достижения компетенции
21.03.01 «Нефтегазовое дело» (Б-НД)	ОПК-1 : Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	ОПК-1.2к : использует естественнонаучные методы и модели в технических приложениях, выделяет конкретное содержание в прикладных задачах

Компетенция считается сформированной на данном этапе в случае, если полученные результаты обучения по дисциплине оценены положительно (диапазон критериев оценивания результатов обучения «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). В случае отсутствия положительной оценки компетенция на данном этапе считается несформированной.

## 2 Показатели оценивания планируемых результатов обучения

**Компетенция ОПК-1 «Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания»**

Таблица 2.1 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код рез-та	Тип рез-та	Результат	
ОПК-1.2к : использует естественнонаучные методы и модели в технических приложениях, выделяет конкретное содержание в прикладных задачах	РД1	Знание	основ математического и физического моделирования гидравлических процессов движения жидкости в трубах и открытых потоках; вопросов обоснования моделей ЭГДА для двухмерных и профильных и плановых потоков; уравнений состояния сжимаемой жидкости, общего уравнения установившегося движения сжимаемых жидкостей	Сформировавшееся систематическое знание основ математического и физического моделирования гидравлических процессов движения жидкости в трубах и открытых потоках; вопросов обоснования моделей ЭГДА для двухмерных профильных и плановых потоков; уравнений состояния сжимаемой жидкости, общего уравнения установившегося движения сжимаемых жидкостей
	РД2	Умение	создавать модели исследуемого гидравлического процесса для конкретных технологических условий; устанавливать функциональную	Сформировавшееся систематическое умение создавать модели исследуемого гидравлического процесса для конкретных технологических условий; устанавливать функциональную связь

			связь между факторами, обуславливающими изучаемый процесс; решать практические задачи фильтрации, связанные с количественной оценкой фильтрации жидкости; определять массовую скорость и массовый расход жидкости	между факторами, обуславливающими изучаемый процесс; решать практические задачи фильтрации, связанные с количественной оценкой фильтрации жидкости; определять массовую скорость и массовый расход жидкости
	РДЗ	Навык	применения уравнений математического моделирования, условий, параметров и критериев подобия физического моделирования; методов учета гидродинамического несовершенства скважин и границ питания; методов расчета неустановившейся фильтрации упругой (сжимаемой)	Сформированное систематическое владение применением уравнений математического моделирования, условий, параметров и критериев подобия физического моделирования; методов учета гидродинамического несовершенства скважин и границ питания; методов расчета неустановившейся фильтрации упругой (сжимаемой)

Таблица заполняется в соответствии с разделом 1 Рабочей программы дисциплины (модуля).

### 3 Перечень оценочных средств

Таблица 3 – Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Контролируемые планируемые результаты обучения	Контролируемые темы дисциплины	Наименование оценочного средства и представление его в ФОС	
		Текущий контроль	Промежуточная аттестация
Очная форма обучения			
РД1 Знание : основ математического и физического моделирования гидравлических процессов движения жидкости в трубах и открытых потоках; вопросов обоснования моделей ЭГДА для двухмерных профильных и плановых потоков; уравнений состояния сжимаемой жидкости, общего	1.1. Гидравлика	Лабораторная работа	Экзамен в письменной форме
		Практическая работа	Экзамен в письменной форме
		Собеседование	Экзамен в письменной форме
	1.2. Нефтегазовая гидромеханика	Лабораторная работа	Экзамен в письменной форме
		Практическая работа	Экзамен в письменной форме
		Собеседование	Экзамен в письменной форме

	уравнения установившегося движения сжимаемых жидкостей			
РД2	Умение : создавать модели исследуемого гидравлического процесса для конкретных технологических условий; устанавливая функциональную связь между факторами, обуславливающими изучаемый процесс; решать практические задачи фильтрации, связанные с количественной оценкой фильтрации жидкости; определять массовую скорость и массовый расход жидкости	1.1. Гидравлика	Лабораторная работа	Экзамен в письменной форме
			Практическая работа	Экзамен в письменной форме
		1.2. Нефтегазовая гидромеханика	Лабораторная работа	Экзамен в письменной форме
			Практическая работа	Экзамен в письменной форме
РД3	Навык : применения уравнений математического моделирования, условий, параметров и критериев подобия физического моделирования; методов учета гидродинамического несовершенства скважин и границ питания; методов расчета неустановившейся фильтрации упругой (сжимаемой)	1.1. Гидравлика	Лабораторная работа	Экзамен в письменной форме
			Практическая работа	Экзамен в письменной форме
		1.2. Нефтегазовая гидромеханика	Лабораторная работа	Экзамен в письменной форме
			Практическая работа	Экзамен в письменной форме

#### 4 Описание процедуры оценивания

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Вид учебной деятельности	Оценочное средство			
	Практические занятия	Лабораторная работа	Экзамен	Итого
Лекции	10			10
Практические занятия	20			20
Лабораторная работа		20		20
Самостоятельная работа	10			10
Промежуточная аттестация			40	40
Итого	40	20	40	100

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«зачтено» / «отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«зачтено» / «хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«зачтено» / «удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 0 до 60	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

## 5 Примерные оценочные средства

### 5.1 Пример заданий на лабораторную работу

*Лабораторная работа №1. Исследование фильтрации в однородном напорном пласте с переменной мощностью.*

1. Обоснование расчетной зависимости и расчет удельного расхода потока подземных вод.

2. Обоснование расчетной зависимости и расчет пьезометрических напоров для выбранных створов водоносного пласта.

3. Построение графика изменения пьезометрического напора для заданного участка потока подземных вод.

*Лабораторная работа №2. Исследование фильтрации в однородном безнапорном пласте на горизонтальном водоупоре.*

1. Обоснование расчетной зависимости и расчет удельного расхода потока подземных вод.

2. Обоснование расчетной зависимости и расчет пьезометрических напоров для выбранных створов водоносного пласта.

3. Построение графика изменения пьезометрического напора для заданного участка потока подземных вод.

#### *Краткие методические указания*

Результаты, полученные в ходе выполнения лабораторных работ должны быть оформлены в виде отчета. Студентом должны быть подготовлены ответы на контрольные вопросы по темам лабораторных работ. В лабораторных работах осваиваются навыки, которые необходимы, чтобы качественно выполнить кейс и затем использовать эти навыки при выполнении студенческих работ, а затем и в профессиональной деятельности.

### Шкала оценки

Оценка	Баллы по результатам итоговой оценки	Описание
отлично	20	Обучающийся показывает высокий уровень знаний при выполнении лабораторных работ
хорошо	18	Обучающийся показывает хороший уровень знаний при выполнении лабораторных работ
удовлетворительно	15	Обучающийся показывает средний уровень знаний при выполнении лабораторных работ
неудовлетворительно	0-12	Обучающийся показывает низкий уровень знаний при выполнении лабораторных работ или не продемонстрировал знаний по теме при выполнении заданий.

## 5.2 Примеры заданий для выполнения практических работ

### *Занятие 1. Физические свойства жидкостей и газов.*

1. Знакомство с величинами, характеризующими физические свойства жидкостей и газов: плотность, температурное расширение, сжимаемость и вязкость жидкости.

2. Решение задач по определению плотности смеси нескольких жидкостей, увеличению объема жидкости при ее нагревании, уменьшению объема жидкости при увеличении давления, определение величины силы жидкостного трения.

2.1. Определить плотность смеси жидкостей, имеющей следующий массовый состав: керосина – 30 %, мазута – 70%, если плотность керосина  $\rho_k=790 \text{ кг/м}^3$ , а мазута  $\rho_m=900 \text{ кг/м}^3$ .

*Занятие 2. Гидростатическое давление. Сила давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности.*

1. Знакомство с уравнениями для определения силы давления жидкости на плоские и криволинейные стенки резервуаров, с понятием тела давления.

2. Решение задач по определению силы давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности.

2.1. Определить силу давления воды на деталь, имеющую форму четверти кругового цилиндра радиуса  $r=0,5 \text{ м}$ . Найти угол, под которым эта сила направлена к горизонту. Расчет вести на единицу ширины конструкции. Высота конструкции  $H=5 \text{ м}$ .

*Занятие 3. Уравнение неразрывности. Уравнение Д. Бернулли для потока вязкой несжимаемой жидкости.*

1. Знакомство с законами неразрывности и сохранения энергии движущейся жидкости при установившемся ее движении.

2. Решение задач по определению полной энергии потока и ее составляющих.

2.1. Определить направление движения реальной жидкости и вид местного сопротивления в наклонном трубопроводе при следующих исходных данных: геодезическая отметка сечений  $z_1=2 \text{ м}$ ,  $z_2=6 \text{ м}$ ; манометрическое давление  $p_1=0,1 \text{ МПа}$ ,  $p_2=0,05 \text{ МПа}$ ; диаметры трубопровода  $d_1=200 \text{ мм}$ ,  $d_2=120 \text{ мм}$ ; расход жидкости  $Q=3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ; кинематический коэффициент вязкости жидкости  $10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

*Занятие 4. Режимы движения жидкости.*

1. Знакомство с ламинарным и турбулентным режимами движения жидкости. Методами определения режимов движения жидкости.

2. Решение задач по определению числа Рейнольдса, критической скорости и режима движения жидкости.

2.1. Определите предельное значение скорости воды в трубопроводах тепловой сети при температуре  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ , абсолютная шероховатость труб  $k=5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ .

*Занятие 5. Расчет потерь напора и давления на преодоление сил трения.*

1. Знакомство с уравнением Дарси для определения потерь напора по длине трубы и потерь давления, соответствующих потерям напора.

2. Решение задач на определение потерь напора и давления по длине трубопровода.

2.1. Найти потери напора по длине при движении воды с температурой  $t=50^{\circ}\text{C}$  в цельносварной стальной трубе, бывшей в употреблении, с внутренним диаметром  $d=0,5$  м. Расход воды  $Q=0,60$  м<sup>3</sup>/с. Длина трубы  $l=500$  м.

*Занятие 6. Расчет потерь напора и давления на преодоление местных гидравлических сопротивлений.*

1. Знакомство с местными гидравлическими сопротивлениями и уравнением Вейсбаха для определения потерь напора на участках местных гидравлических сопротивлений.

2. Решение задач для определения потерь напора и давления в кране, в колене, при резком расширении и резком сужении потока.

2.1. Определить потери напора и гидравлический уклон при подаче воды со скоростью  $v = 0,2$  м/с через умеренно заржавленную стальную трубку диаметром  $d = 50$  мм и длиной  $l = 60$  м при температуре воды  $10^{\circ}\text{C}$ .

*Занятие 7. Гидравлический расчет простых трубопроводов.*

1. Знакомство с основными задачами по гидравлическому расчету простого трубопровода.

2. Решение задач по определению пропускной способности трубопровода, потребного напора и подбору диаметра трубы.

2.1. Найти напор  $H$  (например, высоту  $H$  водонапорной башни), если по трубе диаметром  $d = 50$  мм и длиной  $l = 75$  м необходимо передать расход воды  $Q = 3,5$  л/с. Трубы новые, стальные,  $k_0 = 0,06$  мм, сумма всех коэффициентов местных сопротивлений равна  $3,8$ , т.е.  $\Sigma\zeta = 3,8$ .

*Занятие 8. Расчет величины повышения давления при гидравлическом ударе в трубах.*

1. Знакомство с явлением гидравлического удара в трубах, уравнением Н.Е. Жуковского для определения скорости распространения ударной волны и величины повышения давления при гидравлическом ударе

2. Решение задач по определению скорости распространения ударной волны.

3. Расчет величины повышения давления при гидравлическом ударе.

3.1. Центральным насос перекачивает нефть с кинематическим коэффициентом вязкости  $3,5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с по горизонтальному трубопроводу длиной  $100$  м, диаметром  $200$  мм и расходом  $10$  л/с. После выключения центробежного насоса давления на входе в насос и на выходе из трубопровода упало до атмосферного. Потерями напора в насосе и сжимаемостью нефти пренебречь. Найти закон изменения скорости жидкости в трубопроводе.

*Занятие 9. Расчет отверстий и насадок при постоянном напоре.*

1. Знакомство с видами насадок и их назначением, с расчетными уравнениями для определения расхода жидкости, вытекающей через отверстие или насадок.

2. Решение задач по определению расхода и скорости истечения жидкости из отверстия и насадка и по определению вакуума внутри насадка.

2.1. Определить время опорожнения цистерны с мазутом при следующих данных: объем мазута в цистерне  $V = 50$  м<sup>3</sup>; диаметр цистерны  $D = 2,8$  м; диаметр сливного патрубка  $d = 0,1$  м; кинематическая вязкость мазута  $\nu = 0,69 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с.

*Краткие методические указания*

Для того, чтобы подготовиться к практическому занятию, сначала следует ознакомиться с соответствующим текстом учебника (лекции). Подготовка к практическому занятию начинается после изучения задания и подбора соответствующих литературы и нормативных источников. Работа с литературой может состоять из трёх этапов - чтение, конспектирование и заключительное обобщение сути изучаемой работы. Подготовка к практическим занятиям, подразумевает активное использование справочной литературы (энциклопедий, словарей, альбомов схем и др.) и периодических изданий. Владение понятийным аппаратом изучаемого курса является необходимостью.



### Шкала оценки

№	Баллы по результатам итоговой оценки	Описание
отлично	20	Обучающийся показывает высокий уровень знаний при выполнении заданий
хорошо	18	Обучающийся показывает хороший уровень знаний при выполнении заданий
удовлетворительно	15	Обучающийся показывает средний уровень знаний при выполнении заданий
неудовлетворительно	0-12	Обучающийся показывает низкий уровень знаний при выполнении заданий или не продемонстрировал знаний по теме при выполнении заданий.

### 5.3 Примерный перечень вопросов по темам

1. Каковы основные физические свойства жидкости?
2. Что находится по основному уравнению гидростатики?
3. Какую форму принимает поверхность равного давления при вращении жидкости вместе с сосудом вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью?
4. Как влияет рост скорости потока на число Рейнольдса?
5. Каким прибором определяется начальное напряжение сдвига?
6. Между какими величинами устанавливается связь дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости Эйлера?
7. От чего зависит численное значение коэффициента Кориолиса?
8. Потери давления, зависящие от трения жидкости о стенки трубопровода.
9. Какое давление измеряет манометр?
10. При каком режиме движения жидкости в трубопроводе пульсаций давлений и скоростей не происходит?
11. Чем характеризуются нефтегазоносные системы?
12. Какая величина выражает отношение объема пор образца к объему самого образца?
13. Какие законы фильтрации существуют?
14. По какому закону распределяется давление при фильтрации сжимаемой жидкости?
15. Классификация фильтрационных потоков.
16. От чего зависит дебит?
17. По какому закону распределяется давление при фильтрации несжимаемой жидкости?
18. Какова размерность пористости?
19. Виды плоских двумерных потоков.
20. Что понимается под термином «трещиноватая среда»?

#### Краткие методические указания

Экзамен в письменной форме проводится как специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний студента по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Уровень усвоения теоретического материала проверяется посредством выборочного опроса по разделам дисциплины.

### Шкала оценки

№	Баллы	Описание
отлично	40	Студент правильно, полно и четко отвечает на поставленный вопрос, используя профессиональную терминологию
хорошо	32	Студент правильно, полно и четко отвечает на поставленный вопрос, но затрудняется в формулировке профессиональных терминов
удовлетворительно	24	Студент правильно, но неполно и нечетко отвечает на поставленный вопрос и затрудняется в формулировке профессиональных терминов

неудовлетворительно	0-16	Студент неправильно отвечает на поставленный вопрос или не отвечает на поставленный вопрос
---------------------	------	--

## КЛЮЧИ К ОЦЕНОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### «ГИДРАВЛИКА И НЕФТЕГАЗОВАЯ ГИДРОМЕХАНИКА»

#### 5.1 Ответы на задания лабораторной работы

*Лабораторная работа №1. Исследование фильтрации в однородном напорном пласте с переменной мощностью.*

Ход работы:

1. Перед началом проведения опытов необходимо налить воду в сосуд Мариотта.
2. Вычисляется площадь фильтрации по формуле:

$$F = \frac{\pi d^2}{4}$$

где d – диаметр трубы, м;

3. При закрытом кранике Д во всех пьезометрах устанавливается одинаковый (статический) уровень 1-1.

Открытием краника Д устанавливается определенный режим установившейся фильтрации. Режим работы считается установившемся, после того как положение уровня жидкости в трубках – пьезометрах перестанут изменяться.

4. В мерный цилиндр отбирается определенный объем жидкости при установившейся фильтрации, время отбора фиксируется секундомером.

5. Опыты производятся для трех режимов. Результаты опытов заносятся в таблицу.

№ опыта	V, м <sup>3</sup>	t, с	Высота столба жидкости в пьезометрах, м						
			h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	h <sub>5</sub>	h <sub>6</sub>	h <sub>7</sub>
1.									
2.									
3.									

6. Рассчитываются давления в пьезометрах по формуле:

$$P_1 = gph_1$$

где P<sub>1</sub> – давление в пьезометре, МПа;

g – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup> (g=9,81 м/с<sup>2</sup>);

ρ - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup> (для воды ρ=1000 кг/м<sup>3</sup>);

h<sub>1</sub> – высота столба жидкости в пьезометре, м.

7. Строится график распределения давления.

На графике точками наносятся значения давлений для известных расстояний от входа в модель для каждого пьезометра.

Если пористая среда идеально однородна и режим фильтрации установившейся, то все экспериментальные точки промежуточных значений давлений попадут на прямую.

График строится для всех режимов.

8. Определяется градиент давления на всем участке и аналогично определяются градиенты давлений на каждом участке между пьезометрами. Если выполняются условия пункта 7, то градиент давления будет величиной постоянной для данного режима.

9. Определяется дебит жидкости для каждого из трех режимов.

10. Определяется скорость фильтрации для каждого из трех режимов.

11. Строится график зависимости скорости фильтрации от градиента давления:

$$q = f\left(\frac{\Delta P}{L}\right).$$

Каждая точка на графике соответствует одному установившемуся режиму фильтрации.

12. Определяется коэффициент проницаемости пористой среды (модели пласта) по данным каждого опыта и среднее значение его по результатам трех опытов. Коэффициент проницаемости определить в СИ и смешанной системе.

*Лабораторная работа №2. Исследование фильтрации в однородном безнапорном пласте на горизонтальном водоупоре.*

Ход работы:

1. Перед началом проведения опытов необходимо налить воду в сосуд Мариотта. При закрытом кранике Д устанавливается статический уровень жидкости во всех скважинах ( $h_c$ ).

2. Открытием краника Д из скважины С1 отбирается жидкость при четырех различных установившихся режимах. На каждом установившемся режиме замеряются объем отобранной жидкости V, время его истечения t с помощью емкости (мерного цилиндра) Ц и секундомера; определяются динамические уровни  $h_d$  жидкости в добывающей скважине С1 скважинах пьезометрах П2, П3...П7.

Первый установившийся режим отбора жидкости производится при наиболее высоком динамическом уровне и, следовательно, наименьшем дебите. При последующих трех установившихся режимах динамический уровень каждый раз понижается путем дополнительного краника Д.

Данные измерений заносятся в таблицу.

За начало отсчета уровня в пьезометрах принято положение статического уровня в них.

Поэтому фактическое значение динамического уровня рассчитывается по формуле:

$$h_{gi} = h_c + h_{gi}'$$

где  $h_{gi}'$  - показания пьезометра, м.

3. Определяется дебит Q скважины С1 на каждом режиме и вычисляется напор (высота столба жидкости)  $h_i$  в каждой скважине:

$$h_i = H - h_{gi}$$

где H – глубина залегания пласта, м;

$h_{gi}$  – динамический уровень в i-ой скважине, м.

Рассчитываются фактические значения давлений в точках пласта, где расположены скважины.

Теоретические значения давлений в тех же точках вычисляются. Полученные данные заносятся в таблицу.

4. По результатам расчетов строится график распределения давления  $P=P(r)$  в круговом пласте для каждого из 4 установившихся режимов фильтрации.

Необходимо сделать выводы о характере распределения давления в пласте, а также в соответствии фактических и теоретических значений давления в пьезометрах.

5. В целях исследования скважины при установившемся режиме (методом установившихся отборов или пробных откачек), суть которого сводится к установлению зависимости между дебитом скважины Q и величиной его забойного давления  $P_c$  или величиной перепада:

$$\Delta P = P_k - P_c$$

между пластовым и забойным давлением при установившихся режимах эксплуатации, строятся индикаторные диаграммы – графики зависимостей.  $Q=f(P_c)$  или  $Q = f(\Delta P)$ .

6. Определяется гидропроводность пласта и значение среднего коэффициента проницаемости пласта двумя способами: по коэффициенту продуктивности скважины и из формулы Дюпюи. Полученные результаты заносятся в таблицу.  
Результаты исследования скважины при установившихся режимах эксплуатации.

## 5.2 Ответы на задания для выполнения практических работ

*Занятие 1. Физические свойства жидкостей и газов.*

Ответ:  $863,9 \text{ кг/м}^3$ .

*Занятие 2. Гидростатическое давление. Сила давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности.*

Ответ:  $P=3,31 \cdot 10^4 \text{ Н}$ ;  $\alpha=44^\circ$

*Занятие 3. Уравнение неразрывности. Уравнение Д. Бернулли для потока вязкой несжимаемой жидкости.*

Ответ: Так как  $E_1 > E_2$ , масло движется от сечения 1-1 к сечению 2-2, а местное сопротивление называется внезапным сужением потока.

*Занятие 4. Режимы движения жидкости.*

Ответ:  $0,23 \text{ м/с}$

*Занятие 5. Расчет потерь напора и давления на преодоление сил трения.*

Ответ:  $69,4 \text{ кПа}$ .

*Занятие 6. Расчет потерь напора и давления на преодоление местных гидравлических сопротивлений.*

Ответ:  $0,00138 \text{ м/м}$ .

*Занятие 7. Гидравлический расчет простых трубопроводов.*

Ответ:  $6,4 \text{ м}$ .

*Занятие 8. Расчет величины повышения давления при гидравлическом ударе в трубах.*

Ответ:  $0,318 |^{-0,028 \cdot t} \text{ м/с}$ .

*Занятие 9. Расчет отверстий и насадок при постоянном напоре.*

Ответ:  $2180 \text{ с}$ .

## 5.3 Ответы на вопросы к экзамену

1. Текучесть и вязкость.
2. Давление.
3. Параболоид вращения.
4. Увеличивает число Рейнольдса.
5. U-образным.
6. Скорость, координата, плотность.
7. Режим течения.
8. Потери по длине.
9. Избыточное.
10. Ламинарный режим.
11. Глубиной скважины, нефтеотдачей.
12. Пористость.
13. Линейный и нелинейный.
14. Нелинейный закон.

15. Одномерные, двумерные, трёхмерные.
16. Времени, количества продукта.
17. Линейный закон.
18. Безразмерная.
19. Плановый и профильный.
20. Твёрдое тело, содержащее трещины.