

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
“КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”

Институт географии, геологии, туризма и сервиса  
Кафедра геофизических методов поисков и разведки

“УТВЕРЖДАЮ”

Проректор по учебной работе,  
качеству образования —  
первый проректор

Т.А. Хагуров

“ 26 ”

2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.03 НЕФТЯНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОДИНАМИКА**

Специальность 21.05.03 “Технология геологической разведки”  
Специализация “Геофизические методы исследования скважин”

Квалификация (степень) выпускника: горный инженер-геофизик  
Форма обучения: очная

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины «Нефтяная подземная гидродинамика» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по специальности 21.05.03 «Технология геологической разведки», утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №977 от 12.08.2020 г.

**Программу составил:**

Лешкович Н.М., старший преподаватель кафедры геофизических методов поисков и разведки



Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры геофизических методов поисков и разведки

«18» 05 2023 г.

Протокол № 10/1

И.о. заведующего кафедрой геофизических методов поисков и разведки, канд. техн. наук, доцент



Захарченко Е.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании учебно-методической комиссии Института географии, геологии, туризма и сервиса

«23» 05 2023 г.

Протокол № 5

Председатель учебно-методической комиссии ИГГТиС,  
канд. геогр. наук, доцент



Филобок А.А.

**Рецензенты:**

Гуленко В.И., д-р техн. наук, профессор кафедры геофизических методов поисков и разведки

Кострыгин Ю.П., д-р техн. наук, генеральный директор ООО «Новоросморгео»

# **1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)**

## **1.1. Цель освоения дисциплины**

Цель изучения дисциплины «Нефтяная подземная гидродинамика» — дать студентам целостное представление об основных закономерностях процессов переноса количества движения, теплоты и массы, протекающих в жидкой и газообразной средах; о методах расчета движения несжимаемой и сжимаемой жидкости в каналах различной формы и горных породах; приобретение ими практических навыков использования основных уравнений механики жидкости и газа для расчета гидродинамических характеристик изотермических и неизотермических явлений с многофазными средами.

## **1.2. Задачи изучения дисциплины**

В соответствии с поставленной целью в процессе изучения дисциплины «Нефтяная подземная гидродинамика» решаются следующие задачи:

- знание методов кинематического описания движения жидкостей и газов;
- умение применять методы обработки информации, получаемой при геофизических исследованиях с помощью методов нефтяной гидродинамики;
- овладение навыками проектирования отдельных вычислительных методов для решения поставленных геологических задач в геофизике с применением аппарата прикладной гидродинамики.

## **1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Нефтяная подземная гидродинамика» введена в учебные планы подготовки специалистов (специальность 21.05.03 «Технология геологической разведки») согласно ФГОС ВО блока Б1 «Дисциплины (модули)», часть, формируемая участниками образовательных отношений (Б1.В), индекс дисциплины – Б1.В.03, читается в седьмом семестре.

Дисциплина предусмотрена основной образовательной программой (ООП) КубГУ в объеме 4 зачетных единиц (144 часа, итоговый контроль – экзамен).

## 1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора	Результаты обучения по дисциплине <i>(знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))</i>
ПК-1. Способен управлять процессом обработки и интерпретации полученных скважинных геофизических данных	
ИПК-1.1. Управление разработкой перспективных планов в области обработки и интерпретации скважинных геофизических данных	Знает фильтрационно-емкостные свойства горных пород
	Умеет производить расчёты пористости, проницаемости, флюидонасыщенности, удельной электропроводности нефтегазового пласта
	Владеет методами расчета основных гидродинамических параметров нефтегазового пласта
ИПК-1.2. Руководство производственно-технологическим процессом обработки и интерпретации скважинных геофизических данных	Знает основные уравнения движения в жидкости сферической газовой полости
	Умеет сопоставлять результаты численного решения уравнений движения сферической газовой полости в жидкости
	Владеет навыками решения уравнений гидродинамики подводного “физического взрыва”
ИПК-1.3. Совершенствование производственно-технологического процесса обработки и интерпретации скважинных геофизических данных	Знает способы кинематического описания жидкости и газа: метод Лагранжа, метод Эйлера
	Умеет выводить и рассчитывать основные уравнения кинематики движения сплошной среды
	Владеет основными методами кинематического описания сплошной среды
ПК-2. Способен анализировать и интерпретировать геолого-геофизическую информацию с учетом имеющегося мирового опыта, используя современные информационные технологии	
ИПК-2.1. Владеет способностью использовать современные информационные технологии	Знает основные уравнения: движения идеальной жидкости и движения вязкой жидкости; основные теоремы Кирхгофа, Лагранжа, Гельмгольца, Фридмана
	Умеет выводить и рассчитывать основные уравнения динамики движения сплошной среды; решать волновое уравнение в сжимаемой жидкости методом сферического потенциала и применять механическое подобие движений
	Владеет основными методами динамического описания сплошной среды; навыками решения

Код и наименование индикатора	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
	волновых уравнений
ИПК-2.2. Способен анализировать и интерпретировать геолого-геофизическую информацию с учетом имеющегося мирового опыта	Знает линейный закон фильтрации Дарси и границы его достоверности
	Умеет рассчитывать нефтеотдачу пластов при различных условиях дренирования залежи и учитывать роль капиллярных процессов при вытеснении нефти водой из пористых сред
	Владеет методами прогноза и оценки нефтегазонасыщенности углеводородной залежи

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Виды работ	Всего часов	Форма обучения
		очная
		7 семестр (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>68,3</b>	<b>68,3</b>
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>		
занятия лекционного типа	34	34
лабораторные занятия	34	34
практические занятия	-	-
<b>Иная контактная работа:</b>		
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.). Подготовка к текущему контролю	36	36
<b>Контроль:</b>		

Подготовка к экзамену		35,7	35,7
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>68,3</b>	<b>68,3</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 2.2. Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 7 семестре.

№ раздела	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		всего часов	аудиторные занятия			внеаудиторные занятия
			Л	ПР	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1	Кинематика движения сплошной среды	19	6	—	6	7
2	Динамика движения сплошной среды	21	7	—	7	7
3	Волны в сжимаемой жидкости	21	7	—	7	7
4	Гидродинамика подводного “физического взрыва”	21	7	—	7	7
5	Гидродинамика нефтегазового пласта	22	7	—	7	8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Общая трудоемкость по дисциплине	144				

## 2.3. Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1. Занятия лекционного типа

Принцип построения программы — модульный, базирующийся на выделении крупных разделов (тем) программы — модулей, имеющих внутреннюю взаимосвязь и направленных на достижение основной цели преподавания дисциплины. В соответствии с принципом построения программы и целями преподавания дисциплины курс «Нефтяная подземная

гидродинамика» содержит 5 модулей, охватывающих основные разделы (темы).

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице.

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Кинематика движения сплошной среды	Понятие сплошной среды. Способы кинематического описания жидкости и газа: метод Лагранжа, метод Эйлера. Векторные линии векторного поля. Уравнения линий тока и траекторий. Уравнение неразрывности. Полная производная по времени от интеграла по жидкому объёму. Теорема Гаусса-Остроградского. Свойства гармонических функций: принцип максимума. Первая краевая задача. Вторая краевая задача. Смешанная краевая задача. Движение сферы в неограниченной жидкости. Кинематика вихревых движений.	КР, УО-1
2	Динамика движения сплошной среды	Массовые и поверхностные силы. Уравнение движения идеальной жидкости. Некоторые сведения о теории аффинных ортогональных тензоров второго ранга. Преобразование скалярных компонент тензора при смене базиса. Разложение тензора на симметричный и антисимметричный тензора. Напряжённое состояние точки. Теорема Коши-Гельмгольца. Уравнение движения сплошной среды в напряжениях. Баротропное течение жидкости. Уравнение движения жидкости в форме Громека-Лемма. Уравнение движения вязкой жидкости. Теорема Бернулли. Интеграл Бернулли. Интеграл Коши-Лагранжа. Теоремы о количестве движения и моменте количества движения. Гидростатика. Уравнение Бернулли.	КР, УО-2
3	Волны в сжимаемой жидкости	Решение волнового уравнения методом сферического потенциала. Формула Кирхгофа. Случай цилиндрических волн. Гармонические колебания. Вихревые течения идеальной жидкости. Теорема Лагранжа. Теорема Гельмгольца. Теорема Фридмана. Определение скоростей по известному распределению вихрей и полю дивергенции. Неустановившиеся движения твёрдого тела в идеальной жидкости. Коэффициенты присоединённых масс. Механическое подобие движений: геометрическое подобие, кинематическое подобие, условие динамического подобия.	КР, УО-3
4	Гидродинамика	Уравнения движения в жидкости	КР,

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
	подводного “физического взрыва”	сферической газовой полости. Поле давлений пульсирующей полости. Основные количественные соотношения. Аппроксимация нулевого порядка (уравнение Рэлея). Аппроксимация первого порядка: уравнения Херринга и Келлера-Колоднера. Аппроксимация второго порядка (аппроксимация Кирквуда-Бете). Результаты численного решения уравнений движения сферической полости. Анализ принятых допущений применительно к подводному выхлопу сжатого воздуха. Сравнение результатов численного решения уравнений движения сферической газовой полости в жидкости. Анализ влияния вязкости и поверхностного натяжения.	УО-4
5	Гидродинамика нефтегазового пласта	Коллекторские свойства горных пород. Линейный закон фильтрации Дарси. Механические и тепловые свойства горных пород. Состав и физические свойства газа, нефти и пластовых вод. Уравнение состояния Менделеева-Клапейрона. Фазовые состояния углеводородных систем. Законы Дальтона и Рауля. Поверхностно-молекулярные свойства системы пласт-вода. Физические основы вытеснения нефти, конденсата и газа из пористой среды.	КР, ДКР, УО-5

Форма текущего контроля — контрольные работы (КР), домашние контрольные работы (ДКР), устный опрос (УО).

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### **2.3.2. Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)**

Перечень лабораторных работ по дисциплине «Нефтяная подземная гидродинамика» приведен в таблице.

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Тематика лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Кинематика движения сплошной среды	Вывод и расчет основных уравнений кинематики движения сплошной среды	КР-1



№ раздела	Наименование раздела (темы)	Тематика лабораторных работ	Форма текущего контроля
2	Динамика движения сплошной среды	Вывод и расчет основных уравнений динамики движения сплошной среды	КР-2
3	Волны в сжимаемой жидкости	Решения волновых уравнений	КР-3
4	Гидродинамика подводного “физического взрыва”	Решения уравнений гидродинамики подводного “физического взрыва”	КР-4
5	Гидродинамика нефтегазового пласта	Расчет основных гидродинамических параметров нефтегазового пласта	КР-5
		Расчет основных свойств и характеристик флюидов и пористых сред	ДКР-1
		Расчет основных законов фильтрации для нефтегазового пласта	ДКР-2
		Расчет основных эксплуатационных гидродинамических параметров нефтегазового пласта	ДКР-3

Форма текущего контроля — защита контрольных работ (КР-1 — КР-5) и домашних контрольных работ (ДКР-1 — ДКР-3).

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовая работа (проект) по дисциплине «Нефтяная подземная гидродинамика» не предусмотрена.

### 2.4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы, обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы, обучающихся по дисциплине (модулю) приведен в таблице.

№	Вид СР	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	СР	Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Нефтяная подземная гидродинамика», утвержденные кафедрой геофизических методов

		поисков и разведки, протокол №14 от 11.06.2021 г.
2	Написание реферата	Методические рекомендации по написанию рефератов, утвержденные кафедрой геофизических методов поисков и разведки, протокол №14 от 11.06.2021 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Общим вектором изменения технологий обучения должны стать активизация студента, повышение уровня его мотивации и ответственности за качество освоения образовательной программы.

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине «Нефтяная подземная гидродинамика» используются следующие образовательные технологии, приемы, методы и активные формы обучения:

1) разработка и использование активных форм лекций (в том числе и с применением мультимедийных средств):

- а) проблемная лекция;
- б) лекция-визуализация;
- в) лекция с разбором конкретной ситуации.

2) разработка и использование активных форм лабораторных работ:

- а) лабораторная работа с разбором конкретной ситуации;
- б) бинарное занятие.

В сочетании с внеаудиторной работой в активной форме выполняется также обсуждение контролируемых самостоятельных работ (КСР).

В процессе проведения лекционных занятий и расчетно-графических работ практикуется широкое использование современных технических средств (проекторы, интерактивные доски, Интернет). С использованием Интернета осуществляется доступ к базам данных, информационным справочным и поисковым системам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### 4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Нефтяная подземная гидродинамика».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме контрольной работы, домашней контрольной работы, устного опроса, промежуточной аттестации в форме вопросов к экзамену.

№	Код и наименование индикатора	Результаты обучения	Наименование оценочного средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
1.	ИПК-1.1. Управление разработкой перспективных планов в области обработки и интерпретации скважинных геофизических данных	Знает фильтрационно-емкостные свойства горных пород	УО-1	Вопросы на экзамене 1–4
2.		Умеет производить расчёты пористости, проницаемости, флюидонасыщенности, удельной электропроводности нефтегазового пласта	КР-1	Вопросы на экзамене 5–8
3.		Владеет методами расчета основных гидродинамических параметров нефтегазового пласта	КР-2	Вопросы на экзамене 9–12
4.		ИПК-1.2. Руководство производственно-технологическим процессом обработки и	Знает основные уравнения движения в жидкости сферической газовой полости	УО-2

5.	интерпретации скважинных геофизических данных	Умеет сопоставлять результаты численного решения уравнений движения сферической газовой полости в жидкости	ДКР-1	Вопросы на экзамене 17–20
6.		Владеет навыками решения уравнений гидродинамики подводного “физического взрыва”		Вопросы на экзамене 21–25
7.	ИПК-1.3. Совершенствование производственно-технологического процесса обработки и интерпретации скважинных геофизических данных	Знает способы кинематического описания жидкости и газа: метод Лагранжа, метод Эйлера	УО-3	Вопросы на экзамене 26–30
8.		Умеет выводить и рассчитывать основные уравнения кинематики движения сплошной среды	КР-3	Вопросы на экзамене 31–35
9.		Владеет основными методами кинематического описания сплошной среды		Вопросы на экзамене 36–40
10.	ИПК-2.1. Владеет способностью использовать современные информационные технологии	Знает основные уравнения: движения идеальной жидкости и движения вязкой жидкости; основные теоремы Кирхгофа, Лагранжа, Гельмгольца, Фридмана	ДКР-2	Вопросы на экзамене 41–45
11.		Умеет выводить и рассчитывать основные уравнения динамики движения сплошной среды; решать волновое уравнение в сжимаемой жидкости методом сферического потенциала и применять механическое подобие движений	КР-4	Вопросы на экзамене 46–50
12.		Владеет основными методами динамического описания сплошной среды; навыками решения волновых уравнений	УО-4	Вопросы на экзамене 51–55
13.	ИПК-2.2. Способен анализировать и интерпретировать геолого-геофизическую информацию с учетом имеющегося мирового	Знает линейный закон фильтрации Дарси и границы его достоверности	ДКР-3	Вопросы на экзамене 56–61
14.		Умеет рассчитывать нефтеотдачу пластов при различных условиях дренирования залежи и	КР-5	Вопросы на экзамене 62–66

	опыта	учитывать роль капиллярных процессов при вытеснении нефти водой из пористых сред		
15.		Владеет методами прогноза и оценки нефтегазо-насыщенности углеводородной залежи	УО-5	Вопросы на экзамене 67–72

#### **4.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

К формам письменного контроля относится *контрольная работа*.

Перечень контрольных работ приведен ниже.

*Контрольная работа 1.* Вывод и расчет основных уравнений кинематики движения сплошной среды.

*Контрольная работа 2.* Вывод и расчет основных уравнений динамики движения сплошной среды.

*Контрольная работа 3.* Решения волновых уравнений.

*Контрольная работа 4.* Решение уравнений гидродинамики подводного «физического взрыва».

*Контрольная работа 5.* Расчет основных гидродинамических параметров нефтегазового пласта.

Критерии оценки контрольных работ:

— оценка «зачтено» выставляется студенту, если он правильно применяет теоретические положения курса при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, а также правильно выполняет расчеты контрольной работы: а именно расчёт искомых величин, расчёт погрешностей к этим величинам, объяснение полученных результатов и графиков;

— оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, в расчетной части контрольной работы допускает существенные ошибки, затрудняется объяснить расчетную часть, а также неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания или не справляется с ними самостоятельно.

*Домашняя контрольная работа* — одна из форм контроля уровня знаний студента и ориентирования его в вопросах, ограниченных объемом учебной тематики.

Перечень домашних контрольных работ приведен ниже.

*Домашняя контрольная работа 1.* Расчет основных свойств и характеристик флюидов и пористых сред.

*Домашняя контрольная работа 2.* Расчет основных законов фильтрации для нефтегазового пласта.

*Домашняя контрольная работа 3.* Расчет основных эксплуатационных гидродинамических параметров нефтегазового пласта.

Критерии оценки домашних контрольных работ:

— оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено не менее 60% заданий варианта, работа выполнена по стандартной или самостоятельно разработанной методике, в освещении вопросов не содержится грубых ошибок, по ходу решения сделаны аргументированные выводы;

— оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не справился с заданием (выполнено менее 60% задания), не раскрыто основное содержание работы, имеются грубые ошибки в освещении вопросов, в решении задач, а так же если работа выполнена не самостоятельно.

Текущий контроль успеваемости студентов представляет собой: устный опрос.

*Устный опрос* — наиболее распространенный метод контроля знаний учащихся.

Вопросы для проведения устного опроса приведены ниже.

*Вопросы устного опроса №1 по разделу “Кинематика движения сплошной среды”.*

1. Понятие сплошной среды.
2. Определение жидкости или газа, идеально упругого тела.
3. Скорость деформации в жидкостях и газах.
4. Деформация в упругих телах.
5. Криволинейные координаты.
6. Способы кинематического описания жидкости и газа Лагранжа и Эйлера.
7. Полная или индивидуальная производная как сумма локальной и конвективной производных.
8. Векторные линии векторного поля, линии тока.
9. Система уравнений для определения линий тока.
10. Траектория и система уравнений для определения траекторий.
11. Уравнение неразрывности, как закон сохранения массы.
12. Теорема Гаусса-Остроградского в векторном виде.
13. Ортогональные криволинейные координаты, коэффициенты Ляме.

14. Определение потенциального поля, циркуляция скорости. Теорема Стокса.

15. Определение ротора (вихря) векторного поля. Необходимое и достаточное условие потенциальности векторного поля.

16. Определение безвихревого поля. Потенциальное течение несжимаемой жидкости.

17. Оператор Лапласа. Определение гармонической функции. Свойства гармонических функций.

18. Первая краевая задача (задача Дирихле).

19. Задача Неймана.

20. Движение сферы в неограниченной жидкости со скоростью  $V$ .

21. Кинематика вихревых движений.

22. Вихревые линии и вихревые трубки векторного поля.

23. Определение соленоидального поля.

24. Интенсивность вихревой трубки.

*Вопросы устного опроса №2 по разделу “Динамика движения сплошной среды”.*

1. Массовые и поверхностные силы.

2. Уравнение движения идеальной жидкости в форме Эйлера.

3. Инварианты тензоров. Некоторые вопросы дифференциального исчисления тензоров.

4. Уравнение движения сплошной среды в напряжениях.

5. Коэффициенты динамической и кинематической вязкости.

6. Формула Сатерленда (зависимость динамической вязкости от температуры).

7. Уравнение состояния. Баротропные и бароклинные процессы.

8. Уравнение энергии. Уравнение теплопроводности.

9. Уравнение Бернулли.

10. Гармонические колебания.

11. Скорость распространения волны, длина волны, период колебаний.

12. Гидростатика. Изотермическое равновесие атмосферы.

13. Конденсация  $s$ . Коэффициент объёмной упругости  $\kappa$ .

*Вопросы устного опроса №3 по разделу “Волны в сжимаемой жидкости”.*

1. Волновое уравнение.

2. Задача Коши для волнового уравнения.

3. Сферический потенциал.

4. Решение волнового уравнения методом сферического потенциала.

5. Формула Кирхгофа.

6. Вихревые течения идеальной жидкости.
7. Уравнение движения идеальной жидкости в форме Фридмана.
8. Уравнение Пуассона. Решение уравнения Пуассона.
9. Неустановившееся движение твёрдого тела в идеальной жидкости.
10. Теория подобий и размерностей. Пи теорема.
11. Безразмерная форма уравнений Навье-Стокса.
12. Числа Рейнольдса, Эйлера, Фруда, Струхала.

*Вопросы устного опроса №4 по разделу “Гидродинамика подводного “физического взрыва”.*

1. Механическое подобие движений: геометрическое подобие, кинематическое подобие, условие динамического подобия.
2. Уравнения движения в жидкости сферической газовой полости.
3. Поле давлений пульсирующей полости.
4. Основные количественные соотношения.
5. Аппроксимация нулевого порядка (уравнение Рэлея).
6. Аппроксимация первого порядка: уравнения Херринга и Келлера-Колоднера.
7. Аппроксимация второго порядка (аппроксимация Кирквуда-Бете).
8. Результаты численного решения уравнений движения сферической полости.
9. Анализ принятых допущений применительно к подводному выхлопу сжатого воздуха.
10. Сравнение результатов численного решения уравнений движения сферической газовой полости в жидкости.

11. Анализ влияния вязкости и поверхностного натяжения.

*Вопросы устного опроса №5 по разделу “Гидродинамика нефтяного пласта”.*

1. Какие характеристики используют для описания пластовых флюидов, пористых и трещиноватых сред?
2. Уравнения состояния для плотности жидкости, плотности газа, вязкости жидкости и газа, пористости и проницаемости пород.
3. Что означают термины: фиктивный грунт, идеальный грунт, эффективный диаметр частиц грунта?
4. Что обуславливает изменение величины пористости?
5. Что характеризует величина скорости фильтрации? Какова ее связь со скоростью движения флюида в пласте?
6. Линейный закон фильтрации Дарси. Какова область его применения?
7. Какова связь между коэффициентами фильтрации и



проницаемости?

8. Какие еще законы фильтрации существуют?
9. Что такое обобщенный закон Дарси?
10. Дифференциальное уравнение фильтрации несжимаемой жидкости в недеформируемой пористой среде.
11. Дифференциальные уравнения движения флюида.
12. Какие модели потоков используются в подземной гидромеханике?
13. Что такое “индикаторная диаграмма”, коэффициент продуктивности пласта?
14. Для описания какого вида фильтрации возможно использовать формулу Дюпюи?
15. Проницаемость горных пород (грубообломочные породы, тонкодисперсные породы, магматические и метаморфические породы).
16. Линейный закон фильтрации Дарси.
17. Определение коэффициента проницаемости. Единицы измерения проницаемости, соотношение между ними.
18. Абсолютная или физическая проницаемость.
19. Эффект Клинкенберга. Фазовые проницаемости.
20. Проницаемость пород с межзерновой пористостью (уравнение Козени-Кармана).
21. Проницаемость трещиноватых пород.
22. Зависимость проницаемости пород от глубины залегания.
23. Механические и тепловые свойства горных пород.
24. Фазовые состояния углеводородных систем.
25. Поверхностно-молекулярные свойства системы пласт-вода.
26. Физические основы вытеснения нефти и газа из пористой среды.

Критерии оценки защиты устного опроса:

— оценка «зачтено» ставится, если студент достаточно полно отвечает на вопрос, развернуто аргументирует выдвигаемые положения, приводит убедительные примеры, обнаруживает последовательность анализа, демонстрирует знание специальной литературы в рамках учебного методического комплекса и дополнительных источников информации;

— оценка «не зачтено» ставится, если ответ недостаточно логически выстроен, студент обнаруживает слабость в развернутом раскрытии профессиональных понятий.

#### **4.2. Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)**

К формам контроля относится *экзамен*.

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Основные понятия гидродинамики (гидродинамика, идеальная среда, гидродинамика ламинарных течений, турбулентность, сверхзвуковая гидродинамика, тепломассообмен, геофизическая гидродинамика, магнитная гидродинамика, нефтяная подземная гидродинамика).
2. Понятие сплошной среды. Способы кинематического описания жидкости и газа: метод Лагранжа, метод Эйлера.
3. Векторные линии векторного поля.
4. Уравнения линий тока и траекторий.
5. Уравнение неразрывности.
6. Полная производная по времени от интеграла по жидкому объёму.
7. Дифференциальные операторы; градиент, дивергенция, ротор.
8. Определение циркуляции вектора по замкнутому контуру.
9. Теорема Гаусса-Остроградского.
10. Теорема Стокса.
11. Необходимые и достаточные условия потенциальности поля.
12. Потенциальное течение несжимаемой жидкости.
13. Уравнение Лапласа.
14. Гармоническая функция. Свойства гармонических функций, принцип максимума.
15. Первая краевая задача (задача Дирихле).
16. Вторая краевая задача (задача Неймана).
17. Смешанная краевая задача.
18. Кинематика вихревых движений.
19. Вихревые линии.
20. Уравнения вихревых линий.
21. Вихревая трубка, интенсивность вихревой трубки.
22. Массовые и поверхностные силы.
23. Уравнение движения идеальной жидкости в форме Эйлера.
24. Некоторые сведения о теории аффинных ортогональных тензоров второго ранга.
25. Преобразование скалярных компонент тензора при смене базиса.
26. Разложение тензора на симметричный и антисимметричный тензора.
27. Производная вектора по вектору.
28. Операции над тензорами.
29. Главные значения и главные направления тензора.
30. Теорема Сильвестра.
31. Инварианты тензора.
32. Некоторые вопросы дифференциального исчисления тензоров.

33. Определение дивергенции тензора.
  34. Уравнение движения сплошной среды в напряжениях.
  35. Тензор напряжений для идеальной жидкости.
  36. Понятие вязкости (внутреннее трение) жидкости.
  37. Коэффициенты динамической и кинематической вязкости.
  38. Обобщённый закон Ньютона.
  39. Уравнения движения вязкой жидкости в форме Навье-Стокса.
- Частные случаи: несжимаемая жидкость, сжимаемая жидкость (или газ).
40. Баротропные и бароклинные процессы.
  41. Интеграл Бернулли.
  42. Волны в сжимаемой жидкости.
  43. Вывод волнового уравнения.
  44. Решение волнового уравнения методом сферического потенциала.
  45. Формула Кирхгофа.
  46. Формула Пуассона.
  47. Формула Даламбера.
  48. Уравнения движения в жидкости сферической газовой полости.
  49. Поле давлений пульсирующей полости. Основные количественные соотношения.
  50. Аппроксимация нулевого порядка (уравнение Рэлея). Решение уравнения Рэлея. Формула Рэлея-Виллиса.
  51. Аппроксимация первого порядка (уравнения Херринга и Келлера-Колоднера).
  52. Аппроксимация второго порядка (уравнения Кирквуда-Бете).
  53. Сравнение результатов численного решения уравнений движения сферической газовой полости в жидкости.
  54. Анализ влияния вязкости и поверхностного натяжения.
  55. Коллекторские свойства горных пород (пористость, линейный закон фильтрации Дарси, проницаемость, насыщенность).
  56. Механические и тепловые свойства горных пород (упругость, пластичность, теплоёмкость, коэффициенты теплопроводности и температуропроводности, коэффициенты линейного и объёмного расширения).
  57. Состав и физические свойства газа (природные газы, попутные газы, растворённые газы).
  58. Законы Дальтона и Амага.
  59. Уравнение состояния Клапейрона-Менделеева.
  60. Коэффициент сверхсжимаемости.

61. Состав и физико-химические свойства пластовой воды (коэффициенты теплового расширения и сжимаемости, минерализация, параметр рН).

62. Состав и физико-химические свойства нефтей.

63. Фазовые состояния углеводородных систем.

64. Закон Дальтона.

65. Закон Рауля.

66. Поверхностно-молекулярные свойства системы пласт-вода (поверхностное натяжение, адгезия, когезия, смачивание).

67. Источники пластовой энергии.

68. Силы, действующие в залежи.

69. Общая схема вытеснения из пласта нефти водой и газом.

70. Нефтеотдача пластов при различных условиях дренирования залежи.

71. Роль капиллярных процессов при вытеснении нефти водой из пористых сред.

72. Зависимость нефтеотдачи от скорости вытеснения нефти водой.

#### Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы

Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы
---	---

## 5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

### 5.1. Учебная литература

#### Основная литература

1. Лежнев А.В., Лежнев В.Г. Метод базисных потенциалов в задачах математической физики и гидродинамики: учебное пособие. — Краснодар: КубГУ, 2009. — 111 с. (21)
2. Гуленко В.И. Пневматические источники упругих волн для морской сейсморазведки. — 2 изд. перераб. — Palmarium Academic Publishing, 2013. — 377 с. (1)
3. Давыдова М.А. Лекции по гидродинамике. — М.: Физматлит, 2011. — 213 с. — [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=5264](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=5264).

*\*Примечание:* в скобках указано количество экземпляров в библиотеке КубГУ.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

#### Дополнительная литература

1. Леонтьев Н.Е. Основы теории фильтрации. — М.: ЦПИ, 2009. — 88 с.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. — М.: Наука, 1987. — 840 с.
3. Гиматудинов Ш.К. и др. Физика нефтяного и газового пласта. — М.: Недра, 1982. — 312 с.
4. Ермилов О.М., Ремизов В.В., Ширковский Л.И., Чугунов Л.С. Физика пласта, добыча и подземное хранение газа. — М.: Наука, 1996. — 541 с.
5. Гуленко В.И. Пневматические источники упругих волн для морской сейсморазведки. — Краснодар, Просвещение Юг, 2003. — 370 с.

6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.6 Гидродинамика. — М.: Физматлит, 2001. — 746 с. [Электронный ресурс]: Электрон. дан. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2232](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2232).

7. Темам Р., Миранвиль А. Математическое моделирование в механике сплошных сред. — М.: Лаборатория знаний, 2014. — 319 с. — [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=50538](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50538).

## **5.2. Периодическая литература**

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека Grebennikon.ru <https://grebennikon.ru>

## **5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

### **Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru>
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «Book.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «Znanium.com» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com>

### **Профессиональные базы данных:**

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com>
2. Scopus <http://www.scopus.com>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru>
9. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
10. zbMath <https://zbmath.org>
11. Nano Database <https://nano.nature.com>
12. Springer eBooks <https://link.springer.com>

13. «Лекториум ТВ» <http://www.lektorium.tv>
14. Университетская информационная система Россия  
<http://uisrussia.msu.ru>

### **Информационные справочные системы:**

Консультант Плюс – справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки).

### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada>
3. КиберЛенинка <http://cyberleninka.ru>
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru>
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru>
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru>
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru>
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов <http://fcior.edu.ru>
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина «Образование на русском» <https://pushkininstitute.ru>
10. Справочно-информационный портал «Русский язык» <http://gramota.ru>
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru>
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru>
13. Образовательный портал «Учеба» <http://www.ucheba.com>
14. Законопроект «Об образовании в Российской Федерации». Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voproxy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voproxy_i_otvety)

### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru>

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Теоретические знания по основным разделам курса «Нефтяная подземная гидродинамика» студенты приобретают на лекциях и лабораторных занятиях, закрепляют и расширяют во время самостоятельной работы.

Лекции по курсу «Нефтяная подземная гидродинамика» представляются в виде обзоров с демонстрацией презентаций по отдельным основным темам программы.

Для углубления и закрепления теоретических знаний студентам рекомендуется выполнение определенного объема самостоятельной работы. Общий объем часов, выделенных для внеаудиторных занятий, составляет 36 часов.

Внеаудиторная работа по дисциплине «Нефтяная подземная гидродинамика» заключается в следующем:

- повторение лекционного материала и проработка учебного (теоретического) материала;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- написание контролируемой самостоятельной работы (реферата);
- подготовка к текущему контролю.

Для закрепления теоретического материала и выполнения практических работ по дисциплине во внеучебное время студентам предоставляется возможность пользования библиотекой КубГУ, возможностями компьютерных классов.

Итоговый контроль осуществляется в виде экзамена.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) — дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)**

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.



Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 7, пакет Microsoft Office Professional (Word, Excel, PowerPoint, Access), программы демонстрации видео материалов (Windows Media Player), программы для демонстрации и создания презентаций (Microsoft PowerPoint)
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 7, пакет Microsoft Office Professional (Word, Excel, PowerPoint, Access), программы демонстрации видео материалов (Windows Media Player), программы для демонстрации и создания презентаций (Microsoft PowerPoint)

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы. Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 10, пакет Microsoft Office 2016, Abbyy Finereader 9

<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. А106)</p>	<p>Мебель: учебная мебель.          Комплект специализированной мебели: компьютерные столы.          Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 7, пакет Microsoft Office Professional</p>
---	---	---