

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: ПАНОВ Юрий Петрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 02.11.2023 15:48:04
Уникальный программный ключ:
e30ba4f0895d1683ed43800960e77389e6cbff62

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе"

(МГРИ)

Циркуляционные процессы рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	Современных технологий бурения скважин		
Учебный план	m210401_23_1MND23.plx Направление подготовки 21.04.01 НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО		
Квалификация	Магистр		
Форма обучения	очная		
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ		
Часов по учебному плану	108	Виды контроля в семестрах:	
в том числе:		зачеты 1	
аудиторные занятия	19,25	курсовые проекты 1	
самостоятельная работа	88,75		

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
Неделя	17 5/6			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	16	16	16	16
Иные виды контактной работы	3,25	3,25	3,25	3,25
В том числе инт.	2	2	2	2
Итого ауд.	19,25	19,25	19,25	19,25
Контактная работа	19,25	19,25	19,25	19,25
Сам. работа	88,75	88,75	88,75	88,75
Итого	108	108	108	108

Москва 2023

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Дисциплина «Циркуляционные процессы» имеет цель изучения поведения жидких и газообразных тел, используемых в нефтегазовом деле. Студент по окончании данного курса получает знания о законах движения жидкостей и газов, принципах действия и конструкциях насосов и гидравлических двигателей.
1.2	Задачами изучения дисциплины являются:
1.3	• сформировать представление об основных физических свойствах жидкостей и газов; основы кинематики; общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов; потоки вязких и вязкопластичных жидкостей; роль гидравлики в нефтегазовом деле; основы теории многофазных систем.
1.4	• научить студента решать инженерные задачи, связанные с равновесием и движением жидкостей в трубопроводах и скважинах;
1.5	• овладение навыками современными расчётными методами гидравлики в области технологии нефтегазового дела;
1.6	• применение полученных знаний, навыков и умений в последующей профессиональной деятельности.
1.7	

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Предшествующие дисциплины: «Математические модели в задачах нефтегазовой отрасли», «Методы математической физики».
2.1.2	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Бурение поисковых и разведочных скважин
2.2.2	Буровые технологические комплексы
2.2.3	Общая теория динамических систем
2.2.4	Бурение и вскрытие пластов с аномально низким пластовым давлением
2.2.5	Технологические процессы в горизонтальном бурении
2.2.6	Способы разработки углеводородов на поздних стадиях
2.2.7	Заканчивание скважин в сложных горно-геологических условиях
2.2.8	Научно-исследовательская работа

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-1: Способен осуществлять управление и организационно-методическое обеспечения супервайзинга бурения скважин на месторождениях, технологический контроль и управление процессом бурения скважин на месторождениях	
Знать:	
Уровень 1	порядок производства работ, современные технологии бурения и заканчивания скважин
Уровень 2	принципы практики взаимоотношений между недропользователем и буровым подрядчиком и организации работ в области строительства скважин
Уровень 3	перечень, соподчиненность, основные требования нормативно-правовых документов, устанавливающих требования к производству работ по строительству скважин
Уметь:	
Уровень 1	анализировать и определять особенности работы, преимущества и недостатки применяемых технологий и технологического оборудования в РФ и за рубежом
Уровень 2	анализировать первичную рабочую документацию при строительстве скважин, ТЭП строительства скважин, производить оценку действий бурового подрядчика
Уровень 3	оценивать соответствие действий подрядчика действующим требованиям промышленной безопасности
Владеть:	
Уровень 1	навыками анализа основных параметров режима бурения, соблюдения технологии, выявления отклонений и подготовки предложений по оптимизации технологического процесса
Уровень 2	навыками оценки рисков при строительстве скважин и разработки мероприятий по их предотвращению
Уровень 3	навыками принимать решение о необходимости приостановки производственного процесса при нарушениях технологии производства работ, правил промышленной безопасности и охраны труда

ПК-3: Способен организовывать и обеспечивать исполнение оперативного плана работы бурового и сервисных подрядчиков на буровой площадке, в том числе при возникновении нештатных и аварийных ситуаций, а так же оперативное руководство буровыми суперзвездами, работающими на месторождениях, вести разработку совместно с супервайзером и подрядчиком оперативного плана ликвидации аварии с доведением своих полномочий до персонала подрядчиков	
Знать:	
Уровень 1	требования современных нормативных технологических документов по предупреждению и ликвидации осложнений и аварий при бурении скважин
Уровень 2	Законодательные акты и нормативные документы в области промышленной безопасности, противопожарной безопасности, техники безопасности и охране недр, методы и средства, в том числе противопожарные, применяемые в аварийных ситуациях
Уровень 3	типовой состав и содержание, порядок разработки и согласования плана работ по ликвидации осложнения (аварии)
Уметь:	
Уровень 1	оформлять документацию с точным описанием признаков и видов возникающих осложнений при бурении скважины, действий буровой бригады и результатов ликвидации осложнений и аварий
Уровень 2	выполнить подбор необходимого специального инструмента и оборудования для ликвидации осложнений и аварий
Уровень 3	выполнять выбор типа и расчет необходимого количества материалов и химреагентов, выполнять основные технологические расчеты при ликвидации осложнений и аварий
Владеть:	
Уровень 1	навыками расследовать обстоятельства аварии и определять ее причины
Уровень 2	навыками разработки мероприятий по предотвращению аварий и осложнений при бурении и заканчивании скважин
Уровень 3	навыками выбора метода ликвидации осложнения (инцидента) в зависимости от геолого-технических условий

ПК-6.1: Способен организовывать работы по формированию графиков планово-предупредительных ремонтов (ППР), технологического обслуживания и ремонта (ТОиР) оборудования, осуществлять контроль составления ведомостей дефектов, актов обследования оборудования по добыче углеводородного сырья, документов для формирования ТОиР, ДО, контроль объемов и качества работ при проведении ТОиР, ДО.	
Знать:	
Уметь:	
Владеть:	

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	-основные математические модели технологических процессов;
3.1.2	- основные параметры технологических процессов и методы их расчетов;
3.1.3	- физические свойства жидкостей и газов;
3.2	Уметь:
3.2.1	- рассчитать основные параметров моделей технологических процессов;
3.2.2	- проводить патентные исследования и обосновать патентную формулу;
3.2.3	- использование стандартных приемов поиска и хранения информации. Переработки информации посредством использования современных информационных технологий.
3.3	Владеть:
3.3.1	- пакетами программ при моделировании процессов;
3.3.2	- методом информационных технологий и патентным поиском решений;
3.3.3	- навыками описания состояний природных процессов, физических свойств производственных объектов как экспериментальным путем, так и посредством моделирования физического процесса и прогнозирования результатов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1. Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика: вводные сведения. Жидкости и их свойства.						

1.1	1.Вводные сведения: понятие жидкости (флюида), капельные и газообразные жидкости (газы, пары), аморфные тела и газожидкостные смеси (ГЖС). Место прикладной гидродинамики среди родственных наук. Разделы гидромеханики: гидростатика, кинематика жидкости и гидродинамика. Предмет изучения. Реальная жидкость и ее сплошная однородная (изотропная) модель. 2.Параметры состояния жидкости: абсолютное давление, абсолютная температура, плотность, относительная плотность. Статические параметры. 3.Температурные коэффициенты жидкостей: объёмного изобарного расширения, объёмной изотермной (адиабатной) сжимаемости и изохорного изменения давления. Модуль объёмного изотермного сжатия жидкости. 4.Осмотическое давление, закон Вант-Гоффа. 5.Абсорбция и дегазация жидкостей. Закон Генри. Растворение твёрдых и жидких веществ в жидкостях. 6.Фазовые переходы: кипение, конденсация, кавитация. Ретроградные явления. Испарение и замерзание жидкостей. 7.Молекулярное давление. Уравнение изохорного процесса равновесия и движения жидкости, несжимаемая жидкость. Поверхностное натяжение (сцепление) жидкостей. Смачивание и несмачивание поверхностей жидкостью. Мениск жидкости. Сила поверхностного натяжения. Капиллярное давление. Формула Лапласа. Угол смачивания (краевой угол). Формула Юнга. Капиллярное поднятие (опускание) жидкости. Формула Жюрена. 8.Закон трения Ньютона. Вязкость жидкости. Ньютоновские жидкости. 9.Реология. Тиксотропные свойства жидкостей. Неньютоновские (аномальные) жидкости. Закон трения Бингама. Бингамовские жидкости. Реограмма глинистого раствора. 10.Силы, действующие в жидкости. /Пр/	1	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	
1.2	Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика: вводные сведения. Жидкости и их свойства /СР/	1	20		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	
	Раздел 2. Равновесие жидкостей						

2.1	1. Гидростатика. Статическое давление и его свойства. 2. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости и газа. 3. Изобарная поверхность жидкости и газа. 4. Основное уравнение гидростатики. Геометрическая иллюстрация основного уравнения гидростатики. Равновесие жидкости в сообщающихся сосудах. Абсолютное, внешнее и атмосферное давления. Закон Паскаля. Абсолютный, внешний и атмосферный напоры. 5. Весовое, избыточное и вакуумметрическое давления. Манометр с пружиной Бурдона. Весовой, избыточный и вакуумметрический напоры. Высота всасывания жидкости насосом. Принцип работы автоцистерны для доставки буровых растворов. 6. Энергетический смысл основного уравнения гидростатики. 7. Давление жидкости на плоские поверхности. Гидростатический парадокс. 8. Давление жидкости на незамкнутые криволинейные поверхности. Толщина стенки трубопровода, нагруженного давлением. Формулы Мариотта и Ламе. 9. Давление жидкости на замкнутые криволинейные поверхности. Закон Архимеда. Воздействие силы Архимеда на колонну буровых труб. Инерционная и подъемная силы Архимеда в центрифуге. 10. Двухфазные механические смеси: жидкость + жидкость, жидкость + твердые частицы, газожидкостные смеси (ГЖС). Двухфазные механические газожидкостные смеси в бурении. Аэрированные жидкости: плотность и давление смеси. 11. Дифференциальное давление, его регулирование. Вскрытие пласта полезного ископаемого на репрессии, депрессии и равновесии. /Пр/	1	3		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	
2.2	Равновесие жидкостей /СР/	1	20		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	
Раздел 3. Кинематика жидкостей							
3.1	1. Кинематика. Виды движения частиц и потока жидкости и газа: упорядоченное и неупорядоченное, стационарное и нестационарное, равномерное и неравномерное, потенциальное, вихревое, деформационное и турбулентное. /Пр/	1	1		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	
3.2	Кинематика жидкостей /СР/	1	8		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	

	Раздел 4. Движение жидкостей в трубопроводах						
--	---	--	--	--	--	--	--

4.1	1. Гидродинамика. Режимы течения жидкости и газа: ламинарный, структурный и турбулентный. 2. Виды потоков: напорный, безнапорный и струя. Геометрические характеристики потока: площадь поперечного и живого сечений, периметр площади поперечного сечения, гидравлический радиус, эквивалентный диаметр, длина. 3. Струйная модель потока жидкости и газа. Линия тока, трубка тока, элементарная струйка. 4. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости и газа. Уравнение Бернулли и уравнение расхода (сплошности) для стационарного течения элементарной струйки невязкой жидкости. Статическое, геометрическое и динамическое давления. 5. Энергетический смысл уравнения Бернулли для стационарного течения элементарной струйки невязкой жидкости. Полное давление. Параметры торможения. Напор торможения. Трубка Пито-Прандтля. 6. Уравнение Бернулли для стационарного течения элементарной струйки ньютоновской жидкости. Потеря давления на трение для струйки. 7. Уравнение Бернулли для стационарного потока ньютоновской жидкости. Средняя скорость жидкости. Механическое давление. Коэффициент Кориолиса. Соотношение начальных и конечных параметров состояния в горизонтальном стационарном потоке жидкости постоянной площади сечения. 8. Уравнение расхода (сплошности) для стационарного потока ньютоновской жидкости. Расходомер Вентури. 9. Уравнение Бернулли для нестационарного потока ньютоновской жидкости. Инерционное давление. Коэффициент Буссинеска. 10. Уравнение импульса для стационарного потока жидкости и газа. 11. Гидравлические сопротивления стационарному движению ньютоновской жидкости в трубопроводах. Потеря давления и потеря напора на трение. Линейные гидросопротивления (линейная потеря давления на трение) в трубопроводах круглого и некруглого поперечных сечений. Формула Дарси-Вейсбаха. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр. 12. Местные гидросопротивления (местные потери давления на трение). Формула Вейсбаха. Область квадратичных и докватратичных сопротивлений. Резкое расширение, резкое сужение и изгиб трубопровода. Формулы Борда, Альтшуля, Идельчика.	1	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0,5	
-----	---	---	---	--	--	-----	--

	Потеря давления в соединительных элементах колонны бурильных труб, формула Б.С.Филатова. 13. Режимы течения ньютоновской жидкости. Опыт и число Рейнольдса. 14. Ламинарное течение ньютоновской жидкости в круглом трубопроводе. Формулы Стокса, Пуазейля и Дарси-Вейсбаха. Область сопротивлений. Кольцевой трубопровод: формула Буассинеса, эквивалентный диаметр. 15. Турбулентное течение ньютоновской жидкости. Пограничный слой. Условно ламинарный подслой. Формула Альтшуля. Области сопротивлений. /Пр/						
4.2	16. Движение бингамовской жидкости. Режимы течения. Числа Сен-Венана, Рейнольдса и Хедстрёма. Формула Бакингема. Упрощенная формула Бакингема. 17. Промывка скважин жидкостями, газожидкостными смесями (ГЖС) и продувка воздухом. Назначение. Области применения. Особенности расчёта. /ИВКР/	1	3,25		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	
4.3	Движение жидкостей в трубопроводах /СР/	1	20,75		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	
	Раздел 5. Гидравлический удар в трубах						
5.1	1. Гидравлический удар в трубах. Ударное давление. Фаза гидроудара. Формула Жуковского. Скорость звука. Скорость фронта ударной волны. Полный и неполный гидроудары. /Пр/	1	1		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	
5.2	Гидравлический удар в трубах /СР/	1	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	
	Раздел 6. Истечение жидкостей из отверстий и насадков						

6.1	1. Стационарное истечение ньютоновской жидкости из отверстия. Тонкая стенка. Совершенное сжатие струи. Истечение затопленной и незатопленной струи. 2. Стационарное истечение ньютоновской жидкости через насадки. Сопло, конфузор, диффузор. Насадок Вентури: незатопленная струя, сравнение с истечением из отверстия, затопленная струя. 3. Насадки. Истечение из насадка Борда, конфузора, диффузора, коноидального насадка и комбинированного насадка. 4. Сила давления струи жидкости на твердые поверхности: произвольную, симметричную, нормальную струе и криволинейную симметричную. Использование силы давления. /Пр/	1	1		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0,5	
6.2	Истечение жидкостей из отверстий и насадков /СР/	1	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	
Раздел 7. Относительное движение жидкости и твёрдого тела							
7.1	1. Относительное движение жидкости и твёрдого тела. Обтекание шара идеальной жидкостью. 2. Относительное движение жидкости и твёрдого тела. Обтекание шара ньютоновской жидкостью: сила лобового сопротивления, эффект Магнуса, поперечная сила. Вынос шара восходящим потоком. 3. Падение шара в ньютоновской и бингамовской жидкостях. Скорость витания. Формула Риттингера. Коэффициент лобового сопротивления. Кризис сопротивления. Число Архимеда. Вынос шара восходящим потоком. 4. Падение шара в бингамовской жидкости. Скорость витания. Формула Риттингера. Модифицированное число Рейнольдса. Сила трения. Числа Архимеда и Хедстрёма. /Пр/	1	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	1	
7.2	Относительное движение жидкости и твёрдого тела /СР/	1	12		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

5.1. Контрольные вопросы и задания

Контрольные вопросы:

1. Циркуляционные процессы. Гидравлика. Вводные сведения: понятие жидкости (флюида), капельные и газообразные жидкости (газы, пары), аморфные тела и газожидкостные смеси (ГЖС). Реальная жидкость и ее сплошная однородная (изотропная) модель.
2. Параметры состояния жидкости: абсолютное давление, абсолютная температура, плотность, относительная плотность. Статические параметры.
3. Температурные коэффициенты жидкостей: объёмного изобарного расширения, объёмной изотермной

- (адиабатной) сжимаемости и изохорного изменения давления. Модуль объёмного изотермного сжатия жидкости.
4. Осмотическое давление, закон Вант-Гоффа. Обратный осмос.
 5. Абсорбция и дегазация жидкостей. Закон Генри. Растворение твёрдых и жидких веществ в жидкостях.
 6. Фазовые переходы: кипение, конденсация, кавитация. Ретроградные явления. Испарение и замерзание жидкостей.
 7. Молекулярное давление. Уравнение изохорного процесса равновесия и движения жидкости, несжимаемая жидкость. Поверхностное натяжение (сцепление) жидкостей. Смачивание и несмачивание поверхностей жидкостью. Мениск жидкости. Сила поверхностного натяжения. Капиллярное давление. Формула Лапласа. Угол смачивания (краевой угол). Формула Юнга. Капиллярное поднятие (опускание) жидкости. Формула Жюрена.
 8. Закон трения Ньютона. Вязкость жидкости. Ньютоновские жидкости.
 9. Реология. Тиксотропные свойства жидкостей. Неньютоновские (аномальные) жидкости. Закон трения Бингама. Бингамовские жидкости. Реограмма глинистого раствора.
 10. Силы, действующие в жидкости.
 11. Гидростатика. Статическое давление и его свойства.
 12. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости и газа.
 13. Изобарная поверхность жидкости и газа.
 14. Основное уравнение гидростатики. Геометрическая иллюстрация основного уравнения гидростатики. Равновесие жидкости в сообщающихся сосудах. Абсолютное, внешнее и атмосферное давления. Закон Паскаля. Абсолютный, внешний и атмосферный напоры.
 15. Весовое, избыточное и вакуумметрическое давления. Манометр с пружиной Бурдона. Весовой, избыточный и вакуумметрический напоры. Высота всасывания жидкости насосом. Принцип работы автоцистерны для доставки воды и буровых растворов.
 16. Энергетический смысл основного уравнения гидростатики.
 17. Давление жидкости на плоские поверхности. Гидростатический парадокс.
 18. Давление жидкости на незамкнутые криволинейные поверхности. Толщина стенки трубопровода, нагруженного давлением. Формулы Мариотта и Ламе.
 19. Давление жидкости на замкнутые криволинейные поверхности. Закон Архимеда. Воздействие силы Архимеда на колонну буровых труб. Инерционная и подъёмная силы Архимеда в центрифуге.
 20. Двухфазные механические смеси: жидкость + жидкость, жидкость + твёрдые частицы, газожидкостные смеси (ГЖС). Двухфазные механические газожидкостные смеси в бурении. Аэрированные жидкости: плотность и давление смеси.
 21. Дифференциальное давление, его регулирование. Вскрытие пласта полезного ископаемого на репрессии, депрессии и равновесии.
 22. Кинематика. Виды движения частиц и потока жидкости и газа: упорядоченное и неупорядоченное, стационарное и нестационарное, равномерное и неравномерное, потенциальное, вихревое, деформационное и турбулентное.
 23. Гидродинамика. Режимы течения жидкости и газа: ламинарный, структурный и турбулентный.
 24. Виды потоков: напорный, безнапорный и струя. Геометрические характеристики потока: площадь поперечного и живого сечений, периметр площади поперечного сечения, гидравлический радиус, эквивалентный диаметр, длина.
 25. Струйная модель потока жидкости и газа. Линия тока, трубка тока, элементарная струйка.
 26. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости и газа. Уравнение Бернулли и уравнение расхода (сплошности) для стационарного течения элементарной струйки невязкой жидкости. Статическое, геометрическое и динамическое давления.
 27. Энергетический смысл уравнения Бернулли для стационарного течения элементарной струйки невязкой жидкости. Полное давление. Параметры торможения. Напор торможения. Трубка Пито-Прандтля.
 28. Уравнение Бернулли для стационарного течения элементарной струйки ньютоновской жидкости. Потеря давления на трение для струйки.
 29. Уравнение Бернулли для стационарного потока ньютоновской жидкости. Средняя скорость жидкости. Механическое давление. Коэффициент Кориолиса. Соотношение начальных и конечных параметров состояния в горизонтальном стационарном потоке жидкости постоянной площади сечения.
 30. Уравнение расхода (сплошности) для стационарного потока ньютоновской жидкости. Расходомер Вентури.
 31. Уравнение Бернулли для нестационарного потока ньютоновской жидкости. Инерционное давление. Коэффициент Буссинеска.
 32. Уравнение импульса для стационарного потока жидкости и газа.
 33. Гидравлические сопротивления стационарному движению ньютоновской жидкости в трубопроводах. Потеря давления и потеря напора на трение. Линейные гидросопротивления (линейная потеря давления на трение) в трубопроводах круглого и некруглого поперечных сечений. Формула Дарси---Вейсбаха. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр.
 34. Местные гидросопротивления (местные потери давления на трение). Формула Вейсбаха. Область квадратичных и доквадратичных сопротивлений. Резкое расширение, резкое сужение и изгиб трубопровода. Формулы Борда, Альтшуля, Идельчика. Потеря давления в соединительных элементах колонны буровых труб, формула Б.С.Филатова.
 35. Режимы течения ньютоновской жидкости. Опыт и число Рейнольдса.
 36. Ламинарное течение ньютоновской жидкости в круглом трубопроводе. Формулы Стокса, Пуазейля и Дарси-Вейсбаха. Область сопротивлений. Кольцевой трубопровод: формула Буссинеска, эквивалентный диаметр.
 37. Турбулентное течение ньютоновской жидкости. Пограничный слой. Условно ламинарный подслой. Формула Альтшуля. Области сопротивлений.
 38. Движение бингамовской жидкости. Режимы течения. Числа Сен-Венана, Рейнольдса и Хедстрёма. Формула Бакингема. Упрощенная формула Бакингема.
 39. Промывка скважин жидкостями, газожидкостными смесями (ГЖС) и продувка воздухом. Назначение. Области

применения. Особенности расчёта.

40. Гидравлический удар в трубах. Ударное давление. Фаза гидроудара. Формула Жуковского. Скорость звука. Скорость фронта ударной волны. Полный и неполный гидроудары. Гидротаран. Гидроударник.

41. Стационарное истечение ньютоновской жидкости из отверстия. Тонкая стенка. Совершенное сжатие струи. Истечение затопленной и незатопленной струи.

42. Стационарное истечение ньютоновской жидкости через насадки. Сопло, конфузор, диффузор. Насадок Вентури: незатопленная струя, сравнение с истечением из отверстия, затопленная струя.

43. Насадки. Истечение из насадка Борда, конфузора, диффузора, коноидального насадка и комбинированного насадка.

44. Сила давления струи жидкости на твердые поверхности: произвольную, симметричную, нормальную струе и криволинейную симметричную. Использование силы давления.

45. Относительное движение жидкости и твёрдого тела. Обтекание шара невязкой жидкостью.

46. Относительное движение жидкости и твёрдого тела. Обтекание шара ньютоновской жидкостью: сила лобового сопротивления, эффект Магнуса, поперечная сила. Вынос шара восходящим потоком.

47. Падение шара в ньютоновской и бингамовской жидкостях. Скорость витания. Формула Риттингера.

Коэффициент лобового сопротивления. Кризис сопротивления. Число Архимеда. Вынос шара восходящим потоком.

48. Падение шара в бингамовской жидкости. Скорость витания. Формула Риттингера. Модифицированное число Рейнольдса. Сила трения. Числа Архимеда и Хедстрёма.

49. Центрифуга и гидроциклон.

50. Подземная гидромеханика. Вводные сведения. Фльтрация. Суффозия. Подземные коллекторы. Подземные флюиды. Воды как ньютоновские жидкости.

51. Подземные воды. Виды подземных вод.

Свободные жидкие воды, физически и химически связанные воды, воды в твёрдом состоянии, парообразные воды, воды (газы, или пары) в закритическом состоянии.

52. Условия залегания подземных вод.

Зоны аэрации и насыщения. Верховодка. Уровень грунтовых вод (УГВ). Зеркало грунтовых вод. Поровые, трещинные, жильные, карстовые и пластовые воды. Безнапорные и напорные воды. Артезианские воды. Пластовое давление.

Статический и динамический напоры воды в скважине. Понижение уровня воды в скважине при откачке. Область питания и область стока. Водоупоры.

53. Основные показатели химических свойств подземной воды.

Минерализация, водородный показатель, жёсткость и агрессивность воды.

54. Горючие ископаемые гумусового и битумного ряда. Углеводороды.

55. Природные битумы: нафтиды (нефть, природные производные нефти (мальты, асфальты, кериты и др.), природный горючий газ, газовый конденсат, газовый гидрат) и нафтоиды (мальты, асфальты, кериты и др.).

56. Нефть. Жидкая нефть в свободном состоянии.

Фракции нефти. Состав нефти. Плотность, температуры застывания и вспышки нефти. Нефти как ньютоновские и бингамовские жидкости.

57. Условия залегания нефти.

Пластовое давление. Ловушки. Область питания и область стока. Флюидоупоры. Газонефтяной контакт (ГНК).

Водонефтяной контакт (ВНК). Газовая шапка нефтегазовой залежи.

58. Газообразная нефть в природном горючем газе. Жидкая нефть в пластовых водах. Сорбированная горными породами (матричная) нефть.

59. Давления в подземной гидромеханике и их производные.

Понятие давления. Поровое и пластовое давления. Коэффициент аномальности пластового давления. Нормальное пластовое давление, аномально высокое пластовое давление (АВПД), аномально низкое пластовое давление (АНПД).

Давление поглощения и его индекс. Геостатическое давление и его индекс. Относительное давление по воде в закрытой скважине. Давление гидроразрыва горных пород. Давление относительной устойчивости стенок скважины и его индекс.

Давление насыщения нефти газом.

60. Природные горючие газы.

Углеводороды метанового ряда. Температура кипения (конденсации). Критические температура и давление.

61. Природные горючие газы в свободном состоянии.

Средний состав, свойства. Вязкость газов. Газы как ньютоновские жидкости.

62. Условия залегания природных горючих газов.

Пластовое давление. Ловушки. Область питания и область стока. Флюидоупоры. Газонефтяной контакт (ГНК).

Водонефтяной контакт (ВНК). Газовая шапка нефтегазовой ловушки. Газоводяной контакт (ГВК).

63. Природные горючие газы в нефти и пластовых водах.

Попутный нефтяной газ. Газовый фактор. Газонасыщенность пластовых вод.

64. Природные горючие газы, образующие газовый конденсат.

Газовый конденсат, его свойства. Газоконденсатные залежи. Ретроградные явления.

65. Природные горючие газы в составе гидратов. Природные горючие газы, сорбированные горными породами.

Газовые гидраты, их свойства. Газогидратные залежи. Газовые гидраты в скважинах и газопроводах. Рассеянные (сорбированные горными породами) природные горючие газы.

66. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа. Обратный осмос.

67. Абсорбция и дегазация жидкостей. Закон Генри.

68. Растворение твёрдых и жидких веществ в жидкостях.

69. Фазовые переходы: кипение, конденсация, кавитация.

70. Ретроградные явления. Испарение и замерзание жидкостей.

71. Молекулярное давление.

72. Поверхностное натяжение и капиллярные явления. Поверхностное натяжение (сцепление) жидкостей. Смачивание и несмачивание поверхностей жидкостью. Мениск жидкости. Сила поверхностного натяжения. Капиллярное давление. Формула Лапласа. Угол смачивания (краевой угол). Формула Юнга. Капиллярное поднятие (опускание) жидкости. Формула Жюрена.
73. Эффект Жамена.
74. Подземные коллекторы. Зернистые, трещинные и промежуточные коллекторы. Гранулометрический состав пород. Классификация осадочных обломочных горных пород по размерам, степени окатанности и сцементированности обломков.
75. Просветность и пористость коллектора. Открытые и закрытые поры. Открытая просветность, или открытая поверхностная пористость. Фиктивный грунт. Наиболее плотная упаковка частиц фиктивного грунта на плоскости и минимальное значение просветности. Открытая объёмная пористость (порозность, скважность) пород. Наиболее плотные объёмные упаковки частиц фиктивного грунта и минимальное значение пористости. Наименее плотные объёмные упаковки частиц фиктивного грунта и максимальное значение пористости. Эффективный диаметр частиц фиктивного грунта. Статическая полезная ёмкость коллектора.
76. Удельная поверхность коллектора.
77. Проницаемость коллектора. Сверхкапиллярные, капиллярные и субкапиллярные поровые каналы. Абсолютная фазовая (эффективная) и относительная проницаемость. Коэффициент проницаемости (абсолютный) при стационарной прямолинейно-параллельной напорной фильтрации жидких и газообразных флюидов. Коэффициент проницаемости (абсолютный) при стационарной плоскорадиальной напорной фильтрации жидких и газообразных флюидов. Гидропроводность пласта. Скин-эффект.
78. Фильтрация жидкости. Скорость фильтрации фиктивная и действительная.
79. Базовые модели одномерных фильтрационных потоков. Прямолинейно-параллельная, Зернистые, трещинные и промежуточные коллекторы. Гранулометрический состав пород. Классификация осадочных обломочных горных пород по размерам, степени окатанности и сцементированности обломков.
80. Опыт Дарси. Одномерный ламинарный фильтрационный поток ньютоновской жидкости. Закон Дарси (линейный закон фильтрации). Коэффициент фильтрации. Коэффициент проницаемости.
81. Границы применимости линейного закона фильтрации. Критическая скорость фильтрации. Число Рейнольдса. Критическое значение числа Рейнольдса. Формулы Павловского, Щелкачёва, Миллионщикова. Нелинейные законы фильтрации.
82. Стационарная безнапорная (с нормальным пластовым давлением) фильтрация подземной ньютоновской жидкости (воды, нефти) к галерее в пористом коллекторе.
83. Стационарная прямолинейно-параллельная напорная фильтрация подземной ньютоновской жидкости (воды, нефти) в пористом коллекторе. Объёмный расход. Массовый расход. Площадь поперечного сечения коллектора. Скорость фильтрации и массовая скорость фильтрации. Закономерность распределения избыточного давления на подошве коллектора.
84. Понятие о гидродинамически совершенной и несовершенной скважине. Несовершенство по характеру и степени вскрытия.
85. Стационарная безнапорная (с нормальным пластовым давлением) плоскорадиальная фильтрация подземной ньютоновской жидкости (воды, нефти) к вертикальной гидродинамически совершенной скважине в пористом коллекторе. Формула Дюпюи. Статический и динамический напор. Радиус воронки депрессии. Формула Зихарда. Понижение уровня при откачке. Объёмный расход (дебит скважины) и удельный расход (удельный дебит). Массовый расход. Коэффициент продуктивности скважины. Скорость фильтрации и массовая скорость фильтрации. Уравнение кривой депрессии. Площадь поперечного сечения коллектора. Закономерность распределения избыточного давления на подошве коллектора.
86. Стационарная напорная (с аномально высоким пластовым давлением) плоскорадиальная фильтрация подземной ньютоновской жидкости (воды, нефти) к вертикальной гидродинамически совершенной скважине в пористом коллекторе. Формула Дюпюи. Статический и динамический напор. Радиус воронки депрессии. Формула Зихарда. Понижение уровня при откачке. Объёмный расход (дебит скважины) и удельный расход (удельный дебит). Массовый расход. Коэффициент продуктивности скважины. Скорость фильтрации и массовая скорость фильтрации. Уравнение кривой депрессии. Площадь поперечного сечения коллектора. Закономерность распределения избыточного давления на подошве коллектора.
87. Стационарная прямолинейно-параллельная напорная фильтрация природного горючего газа в пористом коллекторе. Объёмный расход. Массовый расход. Площадь поперечного сечения коллектора. Скорость фильтрации и массовая скорость фильтрации. Закономерность распределения избыточного давления на подошве коллектора.
88. Стационарная напорная (с аномально высоким пластовым давлением) плоскорадиальная фильтрация природного горючего газа к вертикальной гидродинамически совершенной скважине в пористом коллекторе. Формула Дюпюи. Объёмный расход (дебит скважины). Массовый расход. Площадь поперечного сечения коллектора. Коэффициент продуктивности скважины. Скорость фильтрации и массовая скорость фильтрации. Закономерность распределения избыточного давления на подошве коллектора.
89. Стационарная напорная фильтрация подземной ньютоновской жидкости (воды, нефти) к горизонтальной скважине.
90. Интерференция (взаимное влияние) скважин.
91. Понятие о режимах нефтегазовоносных пластов.
92. Стационарная безнапорная и напорная плоскорадиальная фильтрация ньютоновской жидкости (воды, воздуха, подземного горючего газа) от вертикальной гидродинамически совершенной поглощающей (абсорбирующей, нагнетательной) скважины в пористом коллекторе.
93. Нестационарная напорная плоскорадиальная фильтрация подземной ньютоновской жидкости (воды, нефти) в

пористом упругом (деформируемом) коллекторе к вертикальной скважине.

Основная формула теории упругого режима (формула Тейса).

94. Нестационарная напорная плоскорадиальная фильтрация природного горючего газа в пористом упругом (деформируемом) коллекторе к вертикальной скважине.

95. Стационарная напорная плоскорадиальная фильтрация подземной ньютоновской жидкости (воды, нефти) в трещиноватом коллекторе к вертикальной скважине.

96. Стационарная напорная плоскорадиальная фильтрация природного горючего газа в трещиноватом коллекторе к вертикальной скважине.

97. Особенности фильтрации подземных бингамовских жидкостей (нефти, газожидкостных смесей, тампонажных растворов).

98. Особенности фильтрации подземных флюидов к гидродинамически несовершенной скважине.

Конус подошвенной воды (водяной конус), газовый конус. Предельный безводный дебит скважины.

99. Двухфазные механические смеси: жидкость + жидкость, жидкость + твёрдые частицы, газожидкостные смеси (ГЖС). Двухфазные механические газожидкостные смеси в бурении. Аэрированные жидкости: плотность и давление смеси.

100. Эрлифт, газлифт: принцип действия, область применения, КПД, коэффициент погружения смесителя. Типы структур ГЖС.

101. Струйный насос: принцип действия, область применения, КПД, коэффициент инжекции.

102. Поршневой насос: принцип действия, область применения, высота всасывания.

Задания для проведения текущей аттестации представлены в Приложении 1.

5.2. Темы письменных работ

Курсовой проект "Циркуляционные процессы при промывке скважины роторного бурения жидкостью и откачке подземного флюида"

5.3. Оценочные средства

Рабочая программа дисциплины «Циркуляционные процессы» обеспечена оценочными средствами для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, включающими контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации, тестовые задания для проведения текущего контроля, примеры заданий для практических занятий, билеты для проведения промежуточной аттестации, тестовые задания для проведения промежуточной аттестации.

Все оценочные средства представлены в Приложении 1.

5.4. Перечень видов оценочных средств

Оценочные средства разработаны для всех видов учебной деятельности студента – лекций, лабораторных и практических занятий, самостоятельной работы и промежуточной аттестации. Оценочные средства представлены в виде:

- средств текущего контроля: тестирование;
- средств итогового контроля – промежуточной аттестации: зачет, курсовой проект.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Ганджумян Р. А., Калинин А. Г., Никитин Б. А.	Инженерные расчеты при бурении глубоких скважин: справочное пособие	М.: Недра, 2000
Л1.2	Ганджумян Р. А.	Практические расчеты в разведочном бурении	М.: Недра, 1986
Л1.3	Ганджумян Р. А., Калинин А. Г., Сердюк Н. И.	Расчеты в бурении: справочное пособие	М.: РГГРУ, 2007
Л1.4	Брюховецкий О. С., Исаев В. И., Иванников В. Г.	Лабораторные работы по курсу Гидравлика: учебное пособие	М.: МГТА, 1995

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Ред. Н.С.Калинина	Гидравлические машины	Харьков: Высшая школа, 1989
Л2.2	Литвиненко В. С., Калинин А. Г.	Основы бурения нефтяных и газовых скважин: учебное пособие	М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2009
Л2.3	Калинин А. Г.	Бурение нефтяных и газовых скважин: учебник	М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2008
Л2.4	Калинин А.Г., Оганов А.С., Повалихин А.С., Саазонов А.А.	Строительство нефтяных и газовых скважин. В 2 т. Т.2, Ч.1: учебное пособие	М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2015

6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Windows 8	
6.3.1.2	Windows 7	
6.3.1.3	Windows 10	
6.3.2 Перечень информационных справочных систем		
6.3.2.1	Сетевое издание «Нефтегазовое дело» (Open journal systems)	
6.3.2.2	База данных научных электронных журналов "eLibrary"	
6.3.2.3	Электронно-библиотечная система "Лань" Доступ к коллекциям электронных изданий ЭБС "Издательство "Лань"	
6.3.2.4	Электронно-библиотечная система «Книжный Дом Университета» ("БиблиоТех")	

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудитория	Назначение	Оснащение	Вид
4-08	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	40 П.М., Столы - 20; Стулья - 40; Доска - 1; Проектор Optima - 1 шт.	Пр
4-08	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	40 П.М., Столы - 20; Стулья - 40; Доска - 1; Проектор Optima - 1 шт.	КонтрольАтт
4-16	Компьютерный класс; Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	6 П.М., Столы - 6; Стулья - 17; Столы компьютерные - 5; Доска для маркеров - 1; Стелаж - 2; Компьютеры - 6.6 комп-ов Intel Core™ 2 DUO CPU 2.2 GHz, 2 ГБ ОЗУ, принтер LaserSHOT LBP-1120	СР

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методические указания по изучению дисциплины «Циркуляционные процессы» представлены в Приложении 2 и включают в себя:

1. Методические указания для обучающихся по организации учебной деятельности.
2. Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся.
3. Методические указания по организации процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.