

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ОКТФЛ

В.Ш. Мухаметшин

(подпись)

27.06.2024

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**(2708) Гидроаэромеханика в бурении**

Направление подготовки (специальность): **21.03.01 Нефтегазовое дело**

Направленность: **профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Форма обучения: **очная;**

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: **Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений (РРНГМ);**

Трудоемкость дисциплины: **6 з.е. (216час)**

Октябрьский 2024

### 1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины, предшествующие изучению данной дисциплины (исходя из формирования этапов по компетенциям): Буровые машины и механизмы; Машины и механизмы для строительства нефтяных и газовых скважин

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее (исходя из формирования этапов по компетенциям): Буровые промывочные жидкости; Буровые растворы для бурения скважин в осложненных условиях; Заканчивание скважин; Крепление скважин; Основы ремонта, восстановления и реконструкции скважин; Преддипломная практика; Технологическая практика; Технология бурения нефтяных и газовых скважин; Управление свойствами буровых растворов

Блок: Блок 1. Дисциплины (модули);

Обязательная или часть, формируемая участниками образовательных отношений (в том числе элективные дисциплины): Часть, формируемая участниками образовательных отношений;

**Форма обучения: очная**

| Семестр,<br>в котором<br>преподается<br>дисциплина | Трудоемкость дисциплины |       |             |     | Вид<br>промежуточной<br>аттестации |
|----------------------------------------------------|-------------------------|-------|-------------|-----|------------------------------------|
|                                                    | Зачетные единицы        | Часы  |             |     |                                    |
|                                                    |                         | Общая | В том числе |     |                                    |
|                                                    |                         |       | контактная  | СРО |                                    |
| 5                                                  | 6                       | 216   | 74          | 142 | экзамен;                           |
| ИТОГО:                                             | 6                       | 216   | 74          | 142 |                                    |

### 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| №<br>пп. | Формируемые компетенции                                                                                                                                   | Шифр/<br>индекс<br>компетенции |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1        | Способен осуществлять, разрабатывать и корректировать технологические процессы при строительстве и ремонте скважин различного назначения и профиля ствола | ПК-3..-2                       |

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

| Шифр<br>компетенции | Индикаторы достижения компетенций                                                                                              | Шифр<br>результата<br>обучения | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3..              | ПК 3.5 Решает задачи по оптимизации процесса промывки скважины в зависимости от конкретных горно-геологических условий бурения | 3(ПК-3..)                      | Знать:<br>Основные законы и положения дисциплин инженерно-механического модуля; законы гидравлики, гидромеханики; основные математические понятия, а так же физические свойства жидкостей, основные физические закономерности; понятия «давление», «рас- |

| Шифр компетенции | Индикаторы достижения компетенций | Шифр результата обучения | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |                                   |                          | <p>ход».</p> <p>Правила планирования, проведения экспериментов и обработки экспериментальных данных. Законы и условия организации полного гидродинамического подобия гидравлических процессов, которое включает геометрическое, кинематическое и динамическое подобия.</p> <p>Принципы работы с цифровыми источниками открытых данных и базами знаний, принципы работы с облачными хранилищами (Яндекс диск); принципы работы в программных продуктах MS Word, MS Excel, Zoom, Webinar, Яндекс Телемост, Teams, Яндекс формы, Sboard, Muro, Trello, Google, MS Power Point; принципы работы в корпоративных сайтах компаний.</p> |
|                  |                                   | У(ПК-3..)                | <p>Уметь:</p> <p>Использовать: основные законы статики и кинематики жидкостей и газов; применять основные математические понятия, а так же физические свойства жидкостей, основные физические закономерности;</p> <p>снять показания с приборов, манометров, расходомеров</p> <p>применять законы и условия организации полного гидродинами-</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| Шифр компетенции | Индикаторы достижения компетенций | Шифр результата обучения | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |                                   |                          | <p>ческого подобия гидравлических процессов, которое включает геометрическое, кинематическое и динамическое подобия. Создавать и редактировать файлы в программных продуктах MS Word, MS Excel; участвовать в видеоконференциях на платформах Zoom, Webinar, Google Meet, Яндекс Телемост, Teams; работать в программных продуктах Яндекс формы, Sboard, Muro, Trello; создавать и демонстрировать презентации в MS Power Point; пользоваться корпоративными сайтами компаний.</p>                        |
|                  |                                   | В(ПК-3..)                | <p>Владеть:</p> <p>Основными навыками дисциплин инженерно-механического модуля; законами гидравлики, гидромеханики; основными математическими понятиями, приемами расчета;</p> <p>навыками работы с приборами (манометрами, расходомерами);</p> <p>навыками организации полного гидродинамического подобия гидравлических процессов и явлений, которое включает геометрическое, кинематическое и динамическое подобия.</p> <p>Навыками командной работы с использованием цифровых средств; принципами</p> |

| Шифр компетенции | Индикаторы достижения компетенций | Шифр результата обучения | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |                                   |                          | работы с цифровыми источниками открытых данных и базами данных, принципами работы в программных продуктах MS Word, MS Excel, Zoom, Webinar, Яндекс Телемост, Teams, Яндекс формы, Sboard, Muro, Trello, Google, MS Power Point, принципами работы корпоративных сайтов компаний. |

### 3. Структура дисциплины

#### 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость (всего и по семестрам, в часах)

Форма обучения: очная

| Вид учебной работы                                                                                              | Всего и по семестрам, часы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5   | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|----|----|----|
| Контактная работа, всего в том числе:                                                                           | <b>74</b>                  |   |   |   |   | 74  |   |   |   |   |    |    |    |
| лекции (всего)                                                                                                  | <b>26</b>                  |   |   |   |   | 26  |   |   |   |   |    |    |    |
| -в т.ч. лекции on-line курс                                                                                     | <b>0</b>                   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |    |    |    |
| практические занятия (ПЗ)                                                                                       | <b>18</b>                  |   |   |   |   | 18  |   |   |   |   |    |    |    |
| -в т.ч. практические занятия on-line курс                                                                       | <b>0</b>                   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |    |    |    |
| лабораторные работы (ЛР)                                                                                        | <b>20</b>                  |   |   |   |   | 20  |   |   |   |   |    |    |    |
| -в т.ч. лабораторные работы on-line курс                                                                        | <b>0</b>                   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |    |    |    |
| контролируемая самостоятельная работа (защита курсового проекта, курсовой работы и др. работ (при наличии))     | <b>4</b>                   |   |   |   |   | 4   |   |   |   |   |    |    |    |
| иная контактная работа (сдача зачета, экзамена, консультации)                                                   | <b>6</b>                   |   |   |   |   | 6   |   |   |   |   |    |    |    |
| проектная деятельность (ПД)                                                                                     | <b>0</b>                   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |    |    |    |
| Самостоятельная работа обучающихся (СРО), всего в том числе: (указать конкретный вид СРО)                       | <b>142</b>                 |   |   |   |   | 142 |   |   |   |   |    |    |    |
| выполнение и подготовка к защите курсового проекта или курсовой работы                                          | <b>20</b>                  |   |   |   |   | 20  |   |   |   |   |    |    |    |
| выполнение и подготовка к защите РГР работы, реферата, патентных исследований, аналитических исследований и т.п | <b>30</b>                  |   |   |   |   | 30  |   |   |   |   |    |    |    |
| изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку                                          | <b>20</b>                  |   |   |   |   | 20  |   |   |   |   |    |    |    |
| подготовка к лабораторным и/или практическим занятиям                                                           | <b>40</b>                  |   |   |   |   | 40  |   |   |   |   |    |    |    |
| подготовка к сдаче зачета, экзамена                                                                             | <b>23</b>                  |   |   |   |   | 23  |   |   |   |   |    |    |    |
| иные виды работ обучающегося (при наличии)                                                                      | <b>9</b>                   |   |   |   |   | 9   |   |   |   |   |    |    |    |
| освоение on-line курса                                                                                          | <b>0</b>                   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |    |    |    |
| самостоятельная проектная деятельность (СПД)                                                                    | <b>0</b>                   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |    |    |    |
| <b>ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>                                                                                      | <b>216</b>                 |   |   |   |   | 216 |   |   |   |   |    |    |    |

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий (в часах)

Форма обучения: очная

| Номер темы<br>(раздела) | Название темы (раздела) | Семестр | Трудоемкость, часы |    |    |     |       | Шифр<br>результата обучения         |
|-------------------------|-------------------------|---------|--------------------|----|----|-----|-------|-------------------------------------|
|                         |                         |         | Л                  | ПЗ | ЛР | СРО | Всего |                                     |
| 1                       | Гидростатика в бурении  | 5       | 8                  | 4  | 10 | 53  | 75    | З(ПК-3..)<br>У(ПК-3..)<br>В(ПК-3..) |
| 2                       | Гидродинамика в бурении | 5       | 18                 | 14 | 10 | 89  | 131   | З(ПК-3..)<br>У(ПК-3..)<br>В(ПК-3..) |
| ИТОГО:                  |                         |         | 26                 | 18 | 20 | 142 | 206   |                                     |

##### 4.2. Содержание лекционного курса

| №<br>пп. | Номер разде-<br>ла          | Название темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Трудоемкость,<br>часы |                  |         |
|----------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|---------|
|          |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | очная                 | очно-<br>заочная | заочная |
| 1        | 1-Гидростатика<br>в бурении | <p><b>Назначение и свойства буровых растворов. Реологические модели буровых и тампонажных растворов. Реологические уравнения жидкостей.</b> Буровой раствор предназначен для: очистки забоя от выбуренной породы, удержания кусочков шлама на весу при остановке циркуляции раствора, создания противодавления на пласт, подачи гидравлической мощности к забойным двигателя, охлаждения долота и облегчения разрушения призабойной зоны пласта, оказания физико-химического воздействия на стенки скважины с целью предупреждения их разрушения, образования глинистой корки на стенках скважины, обеспечения проницаемости продуктивных пластов при их вскрытии.</p> <p>К промывочным жидкостям предъявляют следующие требования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>не загрязнять пласты;</li> <li>легко очищаться от шлама и дегазироваться;</li> <li>легко регулировать свои свойства;</li> <li>быть достаточно термо- и солестойким;</li> <li>не мешать проведению геофизических исследований;</li> <li>быть экологичным и дешевым.</li> </ul> <p>ПЖ на водной основе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>безглинистые (вода, безглинистые водные растворы, суспензии, безглинистые полимерные растворы);</li> <li>глинистые растворы (на пресной воде, на минерализованной воде, глинистые растворы, ингибирующие глинистые растворы, известковые, гипсовые и хлоркальциевые);</li> <li>ПЖ на неводной основе – растворы на углеводородной основе, дегазированная нефть и нефтепродукты;</li> </ul> <p>Аэрированные растворы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>аэрированные жидкости (до 15 % воздуха);</li> <li>пены (до 60 % воздуха);</li> </ul> <p>Газообразные рабочие агенты – воздух, природный газ и выхлопные газы двигателя внутреннего сгорания, продукты горения.</p> | 2                     |                  |         |
| 2        | 1-Гидростатика<br>в бурении | <p><b>Гидростатика в бурении. Гидростатическое давление неньютоновских и вязкопластичных жидкостей. Понятие об аномально низком и аномально высоком пластовом давлении.</b></p> <p>Гидростатическое давление столба бурового раствора, как компонент суммарного давления на стенки скважины, для любой глубины расположения</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2                     |                  |         |

|   |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |  |  |
|---|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|--|
|   |                           | <p>точки его определения вычисляются по формуле <math>1\%p = p - 8 \cdot H \cdot \gamma^*</math> (МПа), где <math>p</math> - плотность бурового раствора в затрубном пространстве скважины, кг/м<sup>3</sup>;</p> <p><math>\gamma</math> - ускорение свободного падения (в расчетах принимается равным 9,81 м/с<sup>2</sup>);</p> <p><math>H</math> — высота столба бурового раствора в затрубном пространстве (вертикальная проекция местоположения точки определения гидростатического давления), м;</p> <p>10 - коэффициент перевода величины давления в МПа (для справки, 1 МПа. « 10 атм « 10 бар).</p> <p>Гидростатическое давление не зависит от конфигурации скважины и формы ее ствола (кавернозность), а является функцией только плотности бурового раствора и величины его столба в скважине. Причем зависимость эта прямо пропорциональная, то есть чем больше эти величины, тем гидростатическое давление выше. На практике для оценки величины снижения гидростатического давления используют понятие статического уровня бурового раствора или опорожнение скважины. Это есть разница между уровнем земной поверхности и уровнем положения раствора в затрубном пространстве скважины при неподвижном его состоянии.</p> |   |  |  |
| 3 | 1-Гидростатика в бурении  | <p><b>Выбор плотности промывочных жидкостей. Понятие о совместимости (несовместимости) пластов по условиям бурения. Выбор реологических параметров промывочной жидкости.</b></p> <p>Плотность промывочной жидкости определяется из двух условий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- из условия создания противодействия на пласт с максимальным градиентом пластового давления для предотвращения притока в скважину пластового флюида;</li> <li>- из условия, препятствующего поглощению промывочной жидкости в пласт, имеющий минимальный градиент давления гидроразрыва.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2 |  |  |
| 4 | 1-Гидростатика в бурении  | <p><b>Осаждение и вынос частиц шлама. Движение частиц шлама и пузырьков в покоящейся жидкости. Вынос разбуренной породы.</b></p> <p>Одной из функций промывочной жидкости при бурении является вынос частиц разбуриваемых пород на поверхность. Кроме того, промывочная жидкость должна по возможности легче освобождаться от шлама на поверхности в очистных сооружениях, в то же время во избежание прихватов нежелательно осаждение частиц шлама на забой скважины при внезапной остановке циркуляции.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 |  |  |
| 5 | 2-Гидродинамика в бурении | <p><b>Выбор расхода промывочной жидкости. Факторы, определяющие очистку забоя, вынос шлама на дневную поверхность.</b></p> <p>Расход промывочной жидкости при бурении должен быть достаточным для выполнения основных функций: очистки забоя, транспорта шлама на дневную поверхность, обеспечения работы ГЗД.</p> <p>Если условие обеспечения выноса шлама является обязательным - его нарушение может привести к прихвату, то неудовлетворительная очистка забоя приводит лишь к снижению показателей работы долот и в ряде случаев допустима.</p> <p>В то же время при слишком высоком расходе возможен гидроразрыв. Для удаления рыхлой части глинистой корки, более полного замещения промывочной жидкости тампонажным раствором при цементировании желательно иметь турбулентный режим течения тампонажного раствора. В то же время меньшая эрозия стенок скважин, меньшее растепление многолетнемерзлых пород наблюдается при ламинарном (структурном) режиме течения. Для обеспечения эффективного разрушения пород и предотвращения гидроразрыва важно иметь минимальное давление столба промывочной жидкости на забой и стенки скважины при бурении, что также зависит от величины расхода.</p>                                | 2 |  |  |
| 6 | 2-Гидродинамика в бурении | <p><b>Расчет потерь давления в элементах циркуляционной системы.</b></p> <p>Циркуляционной системой скважины является трубопровод, составленный из каналов различной геометрической формы. Вначале жидкость движется вниз по трубам, а затем поднимается вверх по каналу, образованному двумя трубами по кольцевому заколонному пространству.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2 |  |  |
| 7 | 2-                        | <b>Расчет потерь давления при циркуляции бурового раствора соединени-</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2 |  |  |

|    |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |  |  |
|----|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|--|
|    | Гидродинамика в бурении    | <b>ях бурильных труб, долоте, за-бойном двигателе, наземной обвязке.</b><br>Соединения бурильных труб, долото, забойный двигатель, наземная обвязка буровой относятся к местным сопротивлениям, и потери энергии рассчитываются по гидравлическим формулам. Общие потери суммируются.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |  |  |
| 8  | 2- Гидродинамика в бурении | <b>Особенности гидравлических расчетов при бурении с продувкой воздухом (газом) и промывкой азрированной жидкостью. Области применения данных способов бурения</b><br>Системы с газообразной дисперсной фазой и жидкой дисперсионной средой называются газовыми эмульсиями (в бурении – азрированными растворами). Аэрация – процесс насыщения жидкости воздухом, реже другими газами. Для азрированных растворов характерно свободное перемещение в объеме несвязанных между собой пузырьков газа. При этом газообразная фаза рассматривается как дисперсная, а жидкая – как непрерывная дисперсионная среда.<br>Когда концентрация газа велика, а дисперсионная среда представляет собой тонкие вытянутые пленки, то такие высококонцентрированные ячеисто-пленочные связные дисперсные системы уже называются пена                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2 |  |  |
| 9  | 2- Гидродинамика в бурении | <b>Гидродинамические давления в скважине. Виды гидравлических ударов в скважине.</b><br>Под гидродинамическими давлениями понимаются все давления в скважине, отличающиеся от гидростатического давления столба жидкости как в положительную, так и в отрицательную сторону.<br>Избыточные давления в скважине могут быть вызваны.<br>Трением жидкостей, закачиваемых в циркуляционную систему скважины.<br>Местными сопротивлениями в циркуляционной системе скважины.<br>Перемещением в скважине колонны труб.<br>Местными сопротивлениями в циркуляционной системе скважины при перемещении колонны труб.<br>Инерцией столба жидкости в скважине.<br>Колебаниями давления, возникающими при резком пуске или остановке насосов, при подъеме или резком торможении колонны бурильных труб или обсадных труб.<br>Преодолением прочности геля тиксотропных вязкопластичных жидкостей при пуске насосов или в момент начала движения в скважине колонны труб.<br>Вращением колонны бурильных или обсадных труб.<br>Эффектом сжатия или разрежения в жидкости при расхаживании бурильной колонны (особенно при наличии сальника на долоте).<br>При подъеме колонны наблюдается период ускорения, когда скорость ее движения возрастает до максимальной величины, затем следует период движения с относительно постоянной скоростью, и затем период замедления.<br>Движение колонны в начале равномерно ускоренное, затем равномерное, а на заключительном этапе равномерно замедленное.<br>Большого внимания требует спуск бурильных или обсадных колонн, когда их скорости и ускорения будут весьма значительными. Изменения давления в скважине происходят вследствие проявления одной или нескольких причин: вязкого трения в жидкости, сил инерции и разрушения гелевой структуры раствора.<br>По Кларку максимальное давление при спуске одной бурильной свечи или секции обсадной колонны соответствует максимальной скорости перемещения труб, поэтому необходимо лишь вычислить избыточное давление при этой скорости.<br>Гидродинамические давления в скважине при движении в ней колонны обуславливаются гидравлическими сопротивлениями вытесняемой жидкости и ее инерцией при разгоне и торможении труб. Поскольку максимумы скорости и ускорения труб во времени не совпадают, гидравлические и инерционные давления не суммируются. | 2 |  |  |
| 10 | 2- Гидродинамика в бурении | <b>Расчет изменения давления при СПО. Расчет максимально допустимой скорости подъема и спуска труб.</b><br>Физическая картина процесса при этом состоит в том, что движущаяся в скважине колонна бурильных или обсадных труб, во-первых, увлекая буровой раствор за счет вязких сил, а во-вторых, освобождая при подъеме или замещая при спуске трубами объем в стволе скважины, вызывает возникновение гидродинамических давлений, расходуемых на преодоление сил со-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2 |  |  |



|    |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |  |  |
|----|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|--|
|    |                                  | <p>противления.</p> <p>При спуске бурильных труб гидродинамическое давление может быть рассчитано по формуле:</p> $p = a + b v^2,$ <p>где: <math>v</math> - скорость движения труб в скважине, <math>a, b</math> – коэффициенты.</p> $a = 4 \cdot 10^{-6} \gamma_o [l_1 \cdot (D - d_1)] + [l_2 \cdot (D - d_2)],$ $b = 10 \gamma [L \cdot (D - d_1)] \gamma g,$ <p>где: <math>\gamma_o</math> – динамическое напряжение сдвига, <math>l_1, l_2</math> – длина соответственно бурильных труб и турбобура; <math>d_1, d_2</math> – наружный диаметр соответственно бурильных труб и турбобура; <math>L</math> – общая длина бурильных труб и турбобура; <math>D</math> – диаметр скважины; <math>\gamma</math> – удельный вес бурового раствора; <math>g</math> – ускорение силы тяжести.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |  |  |
| 11 | 2-<br>Гидродинамика<br>в бурении | <p><b>Закономерности смещения и вытеснения жидкостей при их последовательном движении.</b></p> <p>Проблема вытеснения промывочной жидкости тампонажным раствором давно привлекает многих исследователей как в нашей стране, так и за рубежом, и является актуальной по настоящее время.</p> <p>Вытеснение промывочной жидкости из скважины должно быть турбулентным.</p> <p>Практика цементирования и теоретическое рассмотрение схемы вытеснения промывочной жидкости из затрубного пространства показывают, что качество цементирования резко улучшается при возвратно-поступательном движении колонны в скважине в процессе подъема тампонажного раствора. При прочих равных условиях в скважинах большого диаметра вытеснение бурового раствора в заколонном пространстве происходит лучше, чем в скважинах малого диаметра.</p> <p>Более худшие результаты по вытеснению промывочной жидкости тампонажным раствором получены при цементировании мелких скважин.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2 |  |  |
| 12 | 2-<br>Гидродинамика<br>в бурении | <p><b>Кольматация. Необходимые условия кольматации. Механизмы кольматации. Декольматация.</b></p> <p>КОЛЬМАТАЦИЯ, кольматаж (от итал. colmata — наполнение, насыпь * а. colmatage; н. Kolmation, Verschlamung; ф. colmatage; и. colmatacion, colmataje), — процесс естественного проникновения или искусственного внесения мелких (главным образом коллоидных, глинистых и пылеватых) частиц и микроорганизмов в поры и трещины горных пород, в фильтры очистных сооружений и дренажных выработок, а также осаждение в них химических веществ, способствующее уменьшению их водо- или газопроницаемости. Носителем кольматационного материала (кольматанта) могут служить жидкости и газы. КОЛЬМАТАЦИЯ — сложный физико-механический процесс снижения проницаемости пласта, протекающий во времени. Различают три зоны кольматации пласта: проникновения частиц бурового шлама (механический кольматаж), глинистого раствора и фильтрата глинистого раствора. Процесс кольматации происходит при взаимодействии четырех основных объектов друг с другом: дисперсная фаза и дисперсионная среда кольматирующих растворов, поровая поверхность породы и внутрипоровая среда. Физико-химические свойства двух последних природных объектов редко используются для регулирования процесса кольматации с целью повышения его эффективности, а объектами регулирования являются первые два.</p> | 2 |  |  |
| 13 | 2-<br>Гидродинамика<br>в бурении | <p><b>Гидравлические расчеты при газонефтеводопроявлениях (ГНВП). Причины ГНВП. Признаки ГНВП.</b></p> <p>Газоводонефтепроявления - это нежелательное поступление потока пластовой жидкости в скважину, которое может (если им не управлять) перейти в фонтанирование скважины.</p> <p>ГНВП (газонефтеводопроявления) представляют собой проникновение одновременно нефтяного флюида и газа через колонны внутрь скважины или во внешнее заколонное пространство. ГНВП является достаточно серьезным типом проблем, которые могут возникать при бурении и требующий немед-</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 |  |  |

|  |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |  |  |
|--|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|--|
|  |   | <p>ленного устранения. Наиболее вероятное возникновение газодонефтепроявления при высоких пластовых давления вследствие значительного заглубления забоя, а также при недостаточной квалификации бурильщиков или ремонтников.</p> <p>Неправильное планирование проведения работ, которое привело к неверным действиям при создании давления рабочего раствора во время выполнения капитального ремонта. В результате внешнее давление продавливает соединительные швы колонны и возникает ГНВП.</p> <p>Возникновение ГНВП вследствие поглощения жидкости внутри скважины.</p> <p>Снижение плотности рабочей жидкости во время простоев работы из-за поступления через стенки воды или газа.</p> <p>Неверные действия при выполнении спуско-подъемных работ вследствие чего снижается уровень жидкости в колонне.</p> <p>Несоблюдение рекомендуемого временного интервала между циклами работ, что приводит к возникновению и развитию ГНВП. Особенно если не была осуществлена промывка за время более полутора суток.</p> <p>Нарушение правил проведения работ в шахтах: освоение, эксплуатация и устранение аварий.</p> <p>Освоение пластов с высоким содержанием газа, растворённого в жидкости, и воды.</p> <p>Возникновение процессов поглощения жидкости в стволе скважины.</p> |    |  |  |
|  | - | <b>ИТОГО:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 26 |  |  |

#### 4.3. Перечень лабораторных работ

| Номер раздела            | № ЛР | Название лабораторной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Трудоемкость, часы |              |         |
|--------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|---------|
|                          |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | очная              | очно-заочная | заочная |
| 1-Гидростатика в бурении | 1    | <p><b>Изучение изменения гидростатического давления буровой промывочной жидкости во времени.</b></p> <p>Цель работы.</p> <p>1. Исследовать изменение гидростатического давления бурового раствора во времени.</p> <p>2. Сравнить характер изменения гидростатического давления в разных условиях.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 5                  |              |         |
| 1-Гидростатика в бурении | 2    | <p><b>Осаждение и вынос частиц шлама.</b></p> <p>Цель работы</p> <p>1. Изучение процесса осаждения твердых частиц в неподвижной жидкой среде под действием силы тяжести.</p> <p>2. Необходимо подобрать условия, при которых происходит вынос шлама.</p> <p>1.1. Общие сведения.</p> <p>Осаждение - это процесс разделения жидких или газовых неоднородных систем, при котором взвешенные в жидкости или газе твердые или жидкие частицы отделяются от сплошной фазы под действием силы тяжести, сил инерции (в том числе центробежных) или электростатических сил. Осаждение, происходящее под действием силы тяжести, называется отстаиванием. В основном отстаивание применяется для предварительного, грубого разделения неоднородных систем.</p> <p>Основной характеристикой рассматриваемого процесса разделения суспензий и газовзвесей является скорость осаждения, т.е. скорость относительного движения твердых частиц. При определении этой скорости необходимо различать свободное и стесненное осаждение. Свободное осаждение, наблюдающееся в разбавленных суспензиях и газовзвесах, характеризуется отсутствием взаимного влияния частиц дисперсной фазы, т.е. каждая из них ведет себя как одиночная частица в окружающей сплошной среде. С ростом концентрации твердой фазы, благодаря взаимному влиянию пограничных слоев и столкновения соседних твердых частиц, осаждение становится стесненным, сопротивление частиц потоку возрастает и скорость их движения падает.</p> | 5                  |              |         |

|                           |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |  |  |
|---------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|--|
| 2-Гидродинамика в бурении | 3 | <p><b>Определение линейных потерь давления.</b></p> <p>Цель работы. Определение линейных потерь давления при бурении скважин, анализ факторов, оказывающих влияние на величину потерь.</p> <p>1.1. Общие сведения</p> <p>При течении жидкости в трубах и кольцевом пространстве потери давления определяются трением жидкости о стенки канала и зависят от режима течения, свойств жидкости и размеров канала, в частности его длины.</p> <p>Различают два основных режима течения жидкости: ламинарный (слоистый) и турбулентный (вихревой). При ламинарном режиме частицы жидкости движутся по параллельным траекториям без перемешивания, поэтому поток имеет слоистую структуру, т.е. жидкость движется отдельными слоями. Турбулентное движение характеризуется пульсацией давления и скоростей частиц, что вызывает интенсивное перемешивание жидкости в потоке, т.е. вихревое движение.</p> <p>Для ньютоновской жидкости режим течения определяется величиной параметра Рейнольдса <math>Re</math>. Для вязко-пластичной жидкости (ВПЖ) Бингама режим течения определяется двумя критериями - Рейнольдса и Хедстрема. Приблизительно режим течения ВПЖ может быть определен и по обобщенному параметру Рейнольдса <math>Re^*</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 5  |  |  |
| 2-Гидродинамика в бурении | 4 | <p><b>Изучение смешения тампонажного раствора с буферной жидкостью в обсадной колонне.</b></p> <p>Цель работы.</p> <p>1. Произвести гидравлический расчет прямого одноступенчатого цементирования. Вычислить объемы буферной, тампонажной, и продавочной жидкостей.</p> <p>2. Вычислить границы промывочной, буферной, тампонажной, и продавочной жидкостей.</p> <p>1. Общие сведения</p> <p>Цементированием называют процесс заполнения заданного интервала раствором вяжущих материалов (например цемента), который в состоянии покоя превращается в прочный непроницаемый камень. Цементирование применяют для изоляции друг от друга проницаемых пластов, вскрытых скважиной; установки цементных мостов, изолирующих нижнюю часть ствола скважины (например при забурировании нового ствола); удерживания в подвешенном состоянии обсадной колонны и герметизации заколонного пространства; изоляции поглощающих пластов, вскрытых скважиной в процессе бурения; защиты обсадных труб от коррозии агрессивными пластовыми жидкостями и газами и др.</p> <p>Проблема вытеснения промывочной жидкости тампонажным раствором давно привлекает многих исследователей как в нашей стране, так и за рубежом, и является актуальной по настоящее время. Исследованиями установлено, что наиболее полное замещение промывочной жидкости происходит при турбулентном режиме (98%), худшие показатели (42%) дает структурный режим. Для наиболее полного замещения промывочной жидкости рекомендуется ряд мероприятий, одним из которых является применение соответствующих буферных жидкостей на разделе промывочной жидкости и тампонажного раствора.</p> <p>Буферная жидкость предназначена для разделения тампонажного и промывочного растворов, а также для смывания глинистой корки со стенок скважины. В качестве буферных жидкостей применяются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- техническая вода с вязкоупругим раствором (ВУР) или без него;</li> <li>- растворы солей с ВУРом или без него;</li> <li>- утяжелённая буферная жидкость на полимерной основе;</li> <li>- растворы кислот с ВУРом или без него;</li> <li>- нефть или дизельное топливо с ВУРом или без него;</li> <li>- незамерзающая буферная жидкость или дизельное топливо.</li> </ul> | 5  |  |  |
| -                         |   | <b>ИТОГО:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 20 |  |  |

#### 4.4. Перечень практических занятий

| Номер раздела | № ПЗ | Тема практического занятия | Трудоемкость, часы |
|---------------|------|----------------------------|--------------------|
|---------------|------|----------------------------|--------------------|

|                           |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | очная | очно-заочная | заочная |
|---------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|---------|
| 1-Гидростатика в бурении  | 1 | <b>Гидростатическое давление. Выбор плотности промывочной жидкости.</b><br>Правильный выбор плотности промывочной жидкости имеет исключительное значение в бурении скважин, т.к. от этого во многом зависят условия разрушения горных пород, возможность предотвращения осложнений и т.д. Для предотвращения поступления пластовых флюидов в скважину (проявления) и поглощения бурового раствора давление в скважине $P_c$ не должно быть меньше пластового РПД и больше давления начала поглощения (гидроразрыва) $R_p$ с учетом гидродинамических потерь.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2     |              |         |
| 1-Гидростатика в бурении  | 2 | <b>Движение частиц шлама и пузырьков газа в покоящейся жидкости. Вынос разбуренной породы.</b><br>Одной из функций промывочной жидкости при бурении является вынос частиц разбуриваемых пород на поверхность. Кроме того, промывочная жидкость должна по возможности легче освобождаться от шлама на поверхности в очистных сооружениях, в то же время во избежание прихватов нежелательно осаждение частиц шлама на забой скважины при внезапной остановке циркуляции.<br>Условие подъема частиц шлама восходящим потоком жидкости $U > U_{ос}$ . Отсюда минимальный расход жидкости, необходимый для выноса шлама:<br>$Q > U_{ос} S_{кп}$ . (2.5)<br>Скорость оседания частиц шлама в восходящем потоке жидкости зависит от режима течения самого потока и режима обтекания частиц. В турбулентном потоке режим обтекания частиц всегда турбулентный, в ламинарном потоке режим обтекания частиц шлама может быть ламинарным и турбулентным.                                                                                                                                                                | 2     |              |         |
| 2-Гидродинамика в бурении | 3 | <b>Выбор расхода промывочной жидкости.</b><br>Расход промывочной жидкости при бурении должен быть достаточным для выполнения основных функций: очистки забоя, транспорта шлама на дневную поверхность, обеспечения работы ГЗД.<br>Если условие обеспечения выноса шлама является обязательным - его нарушение может привести к прихвату, то неудовлетворительная очистка забоя приводит лишь к снижению показателей работы долот и в ряде случаев допустима.<br>В то же время при слишком высоком расходе возможен гидроразрыв. Для удаления рыхлой части глинистой корки, более полного замещения промывочной жидкости тампонажным раствором при цементировании желательно иметь турбулентный режим течения тампонажного раствора. В то же время меньшая эрозия стенок скважин, меньшее растепление многолетнемерзлых пород наблюдается при ламинарном (структурном) режиме течения. Для обеспечения эффективного разрушения пород и предотвращения гидроразрыва важно иметь минимальное давление столба промывочной жидкости на забой и стенки скважины при бурении, что также зависит от величины расхода. | 2     |              |         |
| 2-Гидродинамика в бурении | 4 | <b>Расчет потерь давления в элементах циркуляционной системы скважины.</b><br>В данном разделе производится расчёт потерь давления во всех элементах циркуляционной системы: бурильных трубах, кольцевом пространстве, бурильных замках, долоте, забойном двигателе, поверхностной обвязке насосов.<br>При течении жидкости в трубах и кольцевом пространстве потери давления определяются трением жидкости о стенки канала и зависят от режима течения, свойств жидкости и размеров канала, в частности его длины.<br>4.1. Критерии режима течения<br>Для ньютоновской жидкости режим течения определяется величиной параметра Рейнольдса $Re$ . Для ВПЖ Бингама режим течения определяется двумя критериями - Рейнольдса и Хедстрема. Приблизительно режим течения ВПЖ может быть определен и по обобщенному параметру Рейнольдса $Re^*$ .                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4     |              |         |
| 2-Гидродинамика           | 5 | <b>Расчет гидродинамических давлений при спуско-подъемных операциях.</b><br>В процессе проводки скважин имеют место динамические процессы,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4     |              |         |

|                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |  |  |
|----------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|--|
| в бурении                  |   | <p>связанные с движением бурильных или обсадных труб, изменением скорости потока жидкости из-за резкого перекрытия сечения канала (момент "стоп" при цементировании, забивание промывочных отверстий долота) или резкого пуска и остановки насоса и т.д. Возникающие при этом значительные гидродинамические давления могут привести к нарушению целостности стенок скважин и бурового оборудования, возникновению осложнений (поглощения, проявления и др.).</p> <p>Гидродинамические давления в скважине при движении в ней колонны труб обуславливаются гидравлическими сопротивлениями вытесняемой жидкости и ее инерцией при разгоне и торможении труб. Поскольку максимумы скорости и ускорения труб во времени не совпадают, гидравлические и инерционные давления не суммируются.</p> <p>При движении труб с закрытым нижним концом, с накрученным долотом, гидравлическим забойным двигателем гидродинамическое давление определяется по формуле Дарси-Вейсбаха.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |  |  |
| 2- Гидродинамика в бурении | 6 | <p><b>Гидравлический удар в скважине.</b></p> <p>Давление жидкости в герметичной скважине при всплытии газового пузыря, поступившего в скважину из пласта. Введем допущения: - газ не растворяется в жидкости; - процесс всплытия происходит в изотермических условиях; - скважина герметична. Поступивший из пласта некоторый объем газа под действием архимедовой силы, естественно, стремится переместиться вверх по стволу скважины (всплыть). Такой процесс, когда наблюдается движение газа из пласта в скважину и по скважине – к устью называется газопровывлением, которое может стать причиной открытого газового фонтана. В подобных случаях скважину закрывают превентером, после чего все, что находится в скважине оказывается в состоянии покоя и появляется возможность применить законы гидростатики. Объем газового пузыря, поступившего в герметичную скважину, не может ни уменьшаться, ни увеличиваться хотя бы потому, что жидкость принимаем в первом приближении несжимаемой. Следовательно, при движении газа его объем <math>V = \text{const}</math>. Если пренебречь влиянием температуры на давление газа (мы договорились, что процесс изотермический) при его движении снизу вверх, то в соответствии с законом Бойля-Мариотта <math>PV = \text{const}</math>, и давление должно оставаться неизменным, то есть <math>P = P_{пл}</math>. Это означает, что в данной задаче всегда известно давление на границе газа с жидкостью. Следовательно, можно рассмотреть состояние покоя верхней и нижней частей жидкости, применяя основное уравнение гидростатики к указанным частям покоящейся в скважине жидкости с той лишь разницей, что отсчет глубины (отрицательный для верхней части и положительный – для нижней) надо брать от границ раздела жидкости и газа.</p> | 4  |  |  |
| -                          |   | <b>ИТОГО:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 18 |  |  |

#### 4.5. Виды СРО

| Номер раздела            | Вид СРО                                                                                                         | Трудоемкость, часы |              |         |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|---------|
|                          |                                                                                                                 | очная              | очно-заочная | заочная |
| 1-Гидростатика в бурении | подготовка к сдаче зачета, экзамена                                                                             | 7                  |              |         |
| 1-Гидростатика в бурении | иные виды работ обучающегося (при наличии)                                                                      | 3                  |              |         |
| 1-Гидростатика в бурении | подготовка к лабораторным и/или практическим занятиям                                                           | 15                 |              |         |
| 1-Гидростатика в бурении | выполнение и подготовка к защите курсового проекта или курсовой работы                                          | 8                  |              |         |
| 1-Гидростатика в бурении | изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку                                          | 5                  |              |         |
| 1-Гидростатика в бурении | выполнение и подготовка к защите РГР работы, реферата, патентных исследований, аналитических исследований и т.п | 15                 |              |         |

|                           |                                                                                                                 |     |  |  |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--|--|
|                           |                                                                                                                 |     |  |  |
| 2-Гидродинамика в бурении | подготовка к сдаче зачета, экзамена                                                                             | 16  |  |  |
| 2-Гидродинамика в бурении | иные виды работ обучающегося (при наличии)                                                                      | 6   |  |  |
| 2-Гидродинамика в бурении | подготовка к лабораторным и/или практическим занятиям                                                           | 25  |  |  |
| 2-Гидродинамика в бурении | выполнение и подготовка к защите курсового проекта или курсовой работы                                          | 12  |  |  |
| 2-Гидродинамика в бурении | изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку                                          | 15  |  |  |
| 2-Гидродинамика в бурении | выполнение и подготовка к защите РГР работы, реферата, патентных исследований, аналитических исследований и т.п | 15  |  |  |
| -                         | ИТОГО:                                                                                                          | 142 |  |  |

### Темы для самостоятельной работы обучающихся

#### Раздел 1. Гидростатика в бурении

Подготовка к сдаче экзамена. Освоение теоретического материала по темам, рекомендуемым для самостоятельного изучения. Выполнение и подготовка к защите курсовой работы. Подготовка к проведению практических и лабораторных занятий. Выполнение задания РГР, контрольной работы.

#### Раздел 2. Гидродинамика в бурении

Подготовка к сдаче экзамена. Освоение теоретического материала по темам, рекомендуемым для самостоятельного изучения. Выполнение и подготовка к защите курсовой работы. Подготовка к проведению практических и лабораторных занятий. Выполнение задания РГР, контрольной работы.

### 5. Формы текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации

Перечень оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине приведен Фонде оценочных средств (приложение Б).

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

#### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

Сведения об обеспеченности дисциплины основной, дополнительной и учебно-методической литературой приведены в формах № 1-УЛ и № 2-УЛ (приложение А).

#### 6.2. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, рекомендуемых для освоения дисциплины

| Названия современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, рекомендуемых для освоения дисциплины | Ссылки на официальные сайты                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| eLIBRARY.RU - научная электронная библиотека                                                                               | <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>               |
| Дистанционное обучение                                                                                                     | <a href="http://do.rusoil.net/">http://do.rusoil.net/</a>             |
| Журнал "Нефтегазовое дело"                                                                                                 | <a href="http://www.ogbus.ru">http://www.ogbus.ru</a>                 |
| Интернет-олимпиады                                                                                                         | <a href="http://olymp.i-exam.ru/">http://olymp.i-exam.ru/</a>         |
| Электронный каталог УГНТУ в интернете                                                                                      | <a href="http://www.bibl.rusoil.net/">http://www.bibl.rusoil.net/</a> |

### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

#### 7.1. Перечень специальных аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр., используемых при реализации дисциплины с перечнем основного оборудования

| №<br>пп<br>. | Номер<br>помеще-<br>ния | Оснащенность помещения<br>(перечень основного оборудования)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Наименование<br>помещения                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | 1-102                   | Компьютер в комплекте Intel (монитор LG,клава Genius.мышьGenius,сетев.разветв Bu(4);Компьютер в сборе(жест.диск3,5,мат.плата,мониторACER,опер.память,проц.клав.мышь)(1);Доступ к электронной информационно-образовательной среде (Корпоративная информационная система УГНТУ); Доступ в интернет;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.                                     |
| 2            | 1-104 и 105             | Агрегат бензоэлектрический (104)(1);Емкость для жидкости (10г)(1);Компрессор (104)(1);Монитор Acer AL1516A TFT 15"*(7);Монобельс (104)(1);Настольная лаб."Капелька" (компл-4шт)(1);Расходомер (104)(1);Системный блок Intel Pentium 4 631.512Mb*(5);Системный блок Intel Pentium 4 640.512Mb*(2);Составная емкость и прибор. стойка (104)(1);Установка лабораторная "Истечение жидкости ч/з отверстие с остр.кромкой"(1);Установка лабораторная "Определение к Дарси для цилиндрической круглой трубы"(1);Э/таль(105)(1);Экран для проектора настенный рулонный 180*180см(1);Емкость для жидкости (10г);Установка для определения коэффициентов местных сопротивлений (вентиль, поворот). Центробежный насос с электродвигателем -1 компл.; ;Установка для проведения лабораторных работ "Капелька" - 2 шт. Установка для определения коэффициента гидравлического трения (коэффициента Дарси). Установка для определения коэффициентов истечения. Компьютеры - 3 шт.;Столы, стулья | Лаборатория – оснащенная лабораторным оборудованием, в зависимости от степени сложности.                                                                                                                                                                                                         |
| 3            | 1-321                   | IP-камера KCM-3911(6);Лампа с оригинальным модулем для проектора EPSON EB-X12(1);Монитор ЖК Acer V22 3HQBB(1);Ноутбук Sony Vaio Sve 1713E1R/B(1);Сервер INTEL(1);Сервер Intel(1);Сервер Кламас(1);Сервер в сборе INTEL SR2612URR(1);Шкаф монтажный телекоммуникационный 19" напольный (600*1000*2055)(1);Шкаф(ы) для хранения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования                                                                                                                                                                                                                    |
| 4            | 1-402                   | Интерактивная система Panasonic Elite Panaboard с проектором Vivitek(1);Компьютер в компл.Intel Core3.1(монитор19" PHILIPS,клав Genius.мышьGenius)(1);Проектор (каб. 402)(1);Стенд "Структурно-логическая связь"(1);Ноутбук ASUS K50IJ T3100/2G/250G/DVD-SMulti 15.6 HD;Учебно-наглядные пособия по дисциплине,набор демонстрационного оборудования; Столы, стулья;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей). |

|   |       |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | 1-410 | Компьютер в комплекте Intel (монитор LG,клава Genius.мышьGenius,сетев.разветв Bu(9);Доступ к электронной информации-образовательной среде (Корпоративная информационная система УГНТУ); Доступ в интернет; | Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации. |
| 6 | 1-412 | Редуктор 1Ц2У 100(1);Редуктор 1ЦУ 100(1);Редуктор 5Ч 80(1);Экран для проектора настенный рулонный 180*180см(1);Столы, стулья                                                                               | Учебная аудитория для проведения курсового проектирования – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения                                                                                                            |
| 7 | 1-412 | Редуктор 1Ц2У 100(1);Редуктор 1ЦУ 100(1);Редуктор 5Ч 80(1);Экран для проектора настенный рулонный 180*180см(1);Столы, стулья                                                                               | Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций                                                                                                                                                                                     |
| 8 | 1-412 | Редуктор 1Ц2У 100(1);Редуктор 1ЦУ 100(1);Редуктор 5Ч 80(1);Экран для проектора настенный рулонный 180*180см(1);Столы, стулья                                                                               | Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения.                                                                                                          |
| 9 | 1-412 | Редуктор 1Ц2У 100(1);Редуктор 1ЦУ 100(1);Редуктор 5Ч 80(1);Экран для проектора настенный рулонный 180*180см(1);Столы, стулья                                                                               | Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения.                                                                                                  |

**7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, используемых в учебном процессе при освоении дисциплины**

| № пп. | Наименование ПО   | Лицензионная чистота (реквизиты лицензии,свидетельства о гос. регистрации и т.п., срок действия) |
|-------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | AVP Kaspersky Lab | Дата выдачи лицензии 18.01.2013                                                                  |



| №<br>пп. | Наименование ПО                                           | Лицензионная чистота<br>(реквизиты лицензии, свидетельства о гос. регистрации и<br>т.п., срок действия) |
|----------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2        | eLIBRARY.RU                                               | Дата выдачи лицензии 26.11.2012                                                                         |
| 3        | Microsoft Office 2003 Suites                              | Дата выдачи лицензии 26.11.2012                                                                         |
| 4        | Windows Professional 7 Russian                            | Дата выдачи лицензии 07.03.2012                                                                         |
| 5        | Windows Professional 8 Russian                            | Дата выдачи лицензии 16.12.2012                                                                         |
| 6        | ПО "WEBINAR (ВЕБИНАР) Конфигурация "EnterpriseTotal-2000" | Дата выдачи лицензии 25.10.2023, Поставщик: ООО ПИР                                                     |

## 8. Организация обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, обучающихся по данной образовательной программе, разрабатывается индивидуальная программа освоения дисциплины с учетом особенностей их психофизического развития, их индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

## Приложение А

Форма № УЛ-1

## СВЕДЕНИЯ

## об обеспеченности дисциплины основной и дополнительной учебной литературой

Наименование дисциплины: (2708) Гидроаэромеханика в буренииНаправление подготовки (специальность): 21.03.01 Нефтегазовое делоНаправленность: профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин»Форма обучения: очная;Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений (РРНГМ);

| Тип                                                                      | Назначение учебных изданий | Семестр |              |         | Библиографическое описание                                                                                                                          | Кол-во экз. | Адрес нахождения электронного учебного издания              | Коэффициент обеспеченности |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------|--------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------|
|                                                                          |                            | очная   | очно-заочная | заочная |                                                                                                                                                     |             |                                                             |                            |
| 1                                                                        | 2                          | 3       | 4            | 5       | 6                                                                                                                                                   | 7           | 8                                                           | 9                          |
| Основная литература                                                      | Для изучения теории;       | 5       |              |         | Бабаян Э. В. Буровая гидравлика: учебное пособие / Э. В. Бабаян. – Москва: Инфра-Инженерия, 2018. – 156 с.                                          | 1           | <a href="http://www.znanium.com">http://www.znanium.com</a> | 1.00                       |
| Дополнительная литература                                                | Для изучения теории;       | 5       |              |         | Бабаян Э. В. Инженерные расчеты при бурении : учебно-практическое пособие / Э. В. Бабаян, А. В. Черненко. – Москва: Инфра-Инженерия, 2016. – 440 с. | 1           | <a href="http://www.znanium.com">http://www.znanium.com</a> | 1.00                       |
| Примечание – Графы 1-5,8 заполняются кафедрой, графы 7 и 9 - библиотекой |                            |         |              |         |                                                                                                                                                     |             |                                                             |                            |

**СВЕДЕНИЯ****об обеспеченности дисциплины учебно-методическими изданиями**Наименование дисциплины: (2708) Гидроаэромеханика в буренииНаправление подготовки (специальность): 21.03.01 Нефтегазовое делоНаправленность профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин»Форма обучения очная;Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений (РРНГМ);

| Назначение учебных изданий                | Семестр |              |         | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                                                                                 | Кол-во экз. |                        | Адрес нахождения электронного учебного издания              | Коэффициент обеспеченности |
|-------------------------------------------|---------|--------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------|
|                                           | очная   | очно-заочная | заочная |                                                                                                                                                                                                                                                                            | Всего       | в том числе на кафедре |                                                             |                            |
| 1                                         | 2       | 3            | 4       | 5                                                                                                                                                                                                                                                                          | 6           | 7                      | 8                                                           | 9                          |
| Для выполнения лабораторных работ;        | 5       |              |         | Определение линейных потерь давления: учебно-методическое пособие к выполнению лабораторной работы / сост. Е.Л. Гусейнова. – Уфа: УГНТУ, 2021. – 596 Кб.                                                                                                                   | 1           | 0                      | <a href="http://bibl.rusoil.net">http://bibl.rusoil.net</a> | 1.00                       |
| Для выполнения лабораторных работ;        | 5       |              |         | Гидроаэромеханика в бурении. Гидроаэромеханические расчеты в строительстве скважин : учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных работ / сост. Е. Л. Гусейнова. - Уфа : УГНТУ, 2021. - 737 Кб.                                                                   | 1           | 0                      | <a href="http://bibl.rusoil.net">http://bibl.rusoil.net</a> | 1.00                       |
| Для выполнения СРО;                       | 5       |              |         | Гидроаэромеханика в бурении. Гидроаэромеханические расчеты в строительстве скважин : учебно-методическое пособие для выполнения самостоятельной работы / сост. Е. Л. Гусейнова. - Уфа : УГНТУ, 2021. - 903 Кб.                                                             | 1           | 0                      | <a href="http://bibl.rusoil.net">http://bibl.rusoil.net</a> | 1.00                       |
| Для выполнения практических занятий;      | 5       |              |         | Гидравлические расчеты в бурении : учебно-методическое пособие к практическим занятиям / УГНТУ, ИНГ (фил. в г. Октябрьском), каф. РРНГМ ; сост. Е. Л. Гусейнова. - Уфа : УГНТУ, 2024. - 1,15 Мб.                                                                           | 1           | 0                      | <a href="http://bibl.rusoil.net">http://bibl.rusoil.net</a> | 1.00                       |
| Для выполнения лабораторных работ;        | 5       |              |         | Осаждение и вынос частиц шлама : учебно-методическое пособие к выполнению виртуальной лабораторной работы № 3 / сост. Е.Л. Гусейнова. – Уфа: УГНТУ, 2021. – 31 Кб.                                                                                                         | 1           | 0                      | <a href="http://bibl.rusoil.net">http://bibl.rusoil.net</a> | 1.00                       |
| Для выполнения курсовых работ (проектов); | 5       |              |         | Расчет гидравлической программы проводки скважины : учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы по дисциплинам "Гидроаэромеханика в бурении" и "Гидроаэромеханические расчеты в строительстве скважин" / сост. Е.Л. Гусейнова. - Уфа: УГНТУ, 2021. - 1,17 Мб. | 1           | 0                      | <a href="http://bibl.rusoil.net">http://bibl.rusoil.net</a> | 1.00                       |

|                                                                            |   |  |  |                                                                                                                                                                           |   |   |                                                             |      |
|----------------------------------------------------------------------------|---|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|-------------------------------------------------------------|------|
| Для выполнения лабораторных работ;                                         | 5 |  |  | Осаждение и вынос частиц шлама : учебно-методическое пособие к выполнению виртуальной лабораторной работы № 3 /сост. Е. Л. Гусейнова. - Уфа : УГНТУ, 2021. - 373 Кб.      | 1 | 0 | <a href="http://bibl.rusoil.net">http://bibl.rusoil.net</a> | 1.00 |
| Для выполнения СРО;                                                        | 5 |  |  | Гидроаэромеханика в бурении : учебно-методическое пособие для выполнения расчетно-графической и контрольной работ / сост. Е. Л. Гусейнова. - Уфа : УГНТУ, 2021. - 384 Кб. | 1 | 0 | <a href="http://bibl.rusoil.net">http://bibl.rusoil.net</a> | 1.00 |
| Примечание – Графы 1-5,8 заполняются кафедрой, графы 6,7 и 9 - библиотекой |   |  |  |                                                                                                                                                                           |   |   |                                                             |      |

## Приложение Б

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ОКТФЛ

\_\_\_\_\_ В.Ш. Мухаметшин  
27.06.2024

**Фонд оценочных средств по текущей успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине  
(2708) Гидроаэромеханика в бурении**

Направление подготовки (специальность): 21.03.01 Нефтегазовое дело

Направленность: профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений (РРНГМ);

Трудоемкость дисциплины: 6 з.е. (216час)

Октябрьский 2024

### 1. Паспорт фонда оценочных средств

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Шифр результата обучения | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Индикатор достижения компетенций                                                                                                | Показатели достижения результатов освоения компетенций                                                                                               | Вид оценочного средства                                                                            |
|-------|------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Гидростатика в бурении                   | В(ПК-3..)                | Основные законы и положения дисциплин инженерно- механического модуля; законы гидравлики, гидромеханики; основные математические понятия, а так же физические свойства жидкостей, основные физические закономерности; понятия «давление», «рас-ход». Правила планирования, проведения экспериментов и обработки экспериментальных данных. | ПК 3.5 Решает задачи по оптимизации процесса промывки скважины в зависимости от конкретных горно- геологических условий бурения | демонстрирует навыки определения плотности промывочной жидкости, гидростатического давления.                                                         | Курсовая работа (проект) Лабораторная работа Письменный и устный опрос Расчетно-графическая работа |
|       |                                          | З(ПК-3..)                | Законы и условия организации полного гидродинамического подобию гидравлических процессов, кото-рое включает геометрическое, кинематическое и динамическое подобию.                                                                                                                                                                        | ПК 3.5 Решает задачи по оптимизации процесса промывки скважины в зависимости от конкретных горно- геологических условий бурения | Называет основное уравнение гидростатики, основные физические свойства жидкостей. Объясняет каким образом выбирается плотность промывочной жидкости. | Письменный и устный опрос Тест                                                                     |
|       |                                          | У(ПК-3..)                | Принципы работы с цифровыми источниками открытых дан-ных и базами знаний, принципы работы с облачными                                                                                                                                                                                                                                     | ПК 3.5 Решает задачи по оптимизации процесса промывки скважины в зависимости от конкретных горно- геологических условий бурения | решает задачи на определение плотности промывочной жидкости, величины гидростатического давления.                                                    | Курсовая работа (проект) Письменный и устный опрос Расчетно-                                       |

|   |                         |           |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                |                                                                                                                           |                                                                                                    |
|---|-------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                         |           | хранилищами (Яндекс диск); принципы работы в программных продуктах MS Word, MS Excel, Zoom, Webinar, Яндекс Телемост, Teams, Яндекс формы, Sboard, Muro, Trello, Google, MS Power Point; принципы работы в корпоративных сайтах компаний. |                                                                                                                                |                                                                                                                           | графическая работа                                                                                 |
| 2 | Гидродинамика в бурении | В(ПК-3..) |                                                                                                                                                                                                                                           | ПК 3.5 Решает задачи по оптимизации процесса промывки скважины в зависимости от конкретных горно-геологических условий бурения | демонстрирует навыки выбора расхода промывочной жидкости, насосов для бурения скважины.                                   | Курсовая работа (проект) Лабораторная работа Письменный и устный опрос Расчетно-графическая работа |
|   |                         | З(ПК-3..) |                                                                                                                                                                                                                                           | ПК 3.5 Решает задачи по оптимизации процесса промывки скважины в зависимости от конкретных горно-геологических условий бурения | называет формулы для определения гидравлических потерь при бурении, формулы для определения расхода промывочной жидкости. | Письменный и устный опрос Тест                                                                     |
|   |                         | У(ПК-3..) |                                                                                                                                                                                                                                           | ПК 3.5 Решает задачи по оптимизации процесса промывки скважины в зависимости от конкретных горно-геологических условий бурения | решает задачи на определение гидравлических потерь.                                                                       | Курсовая работа (проект) Письменный и устный опрос Расчетно-графическая работа                     |

## 2. Перечень оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

| п/п | Вид оценочного средства   | Краткая характеристика оценочного средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Представление оценочного средства в фонде                                                                                             | Шкала оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 2                         | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4                                                                                                                                     | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1   | Курсовая работа (проект)  | Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся. | Темы типовых групповых или индивидуальных проектов и типовое задание на курсовой проект (работу)                                      | оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если (91-100 баллов) знания систематизированы, обобщены, глубоки, мобильны.<br>оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если (79-90 баллов) знания обобщенные, но не прочные.<br>оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если (61-78 баллов) знания обрывочные, бессистемные, поверхностные.<br>оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если (о баллов) знания по дисциплине отсутствуют.<br>«зачтено» выставляется обучающемуся, если не предусмотрено.<br>«незачтено» выставляется обучающемуся, если не предусмотрено.                                                                 |
| 2   | Лабораторная работа       | Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по лабораторным исследованиям                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Темы, задания для выполнения лабораторных работ; вопросы и требования к их защите                                                     | оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если (15 баллов) знания систематизированы, обобщены, глубоки, мобильны.<br>оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если (8-14 баллов) знания обобщенные, но не прочные.<br>оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если (менее 8 баллов) знания обрывочные, бессистемные, поверхностные.<br>оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если (о баллов) знания по дисциплине отсутствуют.<br>«зачтено» выставляется обучающемуся, если знания по дисциплине оцениваются от "отлично" до "удовлетворительно"<br>«незачтено» выставляется обучающемуся, если знания по дисциплине отсутствуют. |
| 3   | Письменный и устный опрос | Оценочное средство для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Позволяет выявить и восполнить пробелы в знаниях; повторить, закрепить, систематизировать материал; оценить знания, умения,                                                                                                                                                                                                                                                                           | Совокупность вопросов, заданий, упражнений, тестов для выполнения контрольных работ, домашних заданий, РГР и иных учебных работ. Ком- | оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если (21-30 баллов) знания систематизированы, обобщены, глубоки, мобильны. Студент проявляет творческую активность, которая выражается не только в активном поиске способов решения предлагаемых задач, но и оперировании этими способами. 30 баллов выставля-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



|   |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                             | теоретические и практические навыки;<br>определить уровень сформированных у студентов компетенций по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                | плект билетов для текущей и промежуточной аттестации                      | ются в том случае, если студент отвечает на все вопросы.<br>оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если (9-20 баллов) знания обобщенные, но не прочные. Студент проявляет интерес к учебной деятельности, и самостоятельная познавательная деятельность происходит под действием инициативы самих студентов.<br>оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если (менее 9) -знания обрывочные, бессистемные, поверхностные, и студент выполняет задания лишь по указанию преподавателя, активность носит подражательный характер, при этом студент не обладает способностями к ориентации в новых ситуациях, не способен критически подходить к оценке полученных фактов и происходящих явлений.<br>оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если знания по дисциплине отсутствуют.<br>«зачтено» выставляется обучающемуся, если знания по дисциплине оцениваются от "отлично" до "удовлетворительно"<br>«незачтено» выставляется обучающемуся, если знания по дисциплине отсутствуют. |
| 4 | Расчетно-графическая работа | Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач (заданий) темы (раздела) учебной дисциплины по заранее определенной методике. Позволяет закрепить теоретические знания, выработать навыки практического выполнения расчетов, анализировать полученные результаты и делать выводы | Комплект заданий по вариантам для выполнения расчетно-графической работы. | оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если ( 25 баллов) проявляет творческую активность, которая выражается не только в активном поиске способов решения предлагаемых задач, но и оперировании этими способами.<br>оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если (15-24 балла) проявляет интерес к учебной деятельности, и самостоятельная познавательная деятельность происходит под действием инициативы самих студентов.<br>оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если (менее 15 баллов) выполняет задания лишь по указанию преподавателя, активность носит подражательный характер, при этом студент не обладает способностями к ориентации в новых ситуациях, не способен критически подходить к оценке полученных фактов и происходящих явлений.<br>оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если ( 0 баллов) задание не выполнено.<br>«зачтено» выставляется обучающемуся, если не предусмотрено.<br>«незачтено» выставляется обучающемуся, если не предусмотрено.    |
| 5 | Тест                        | Система стандартизированных заданий,                                                                                                                                                                                                                                                                    | Фонд тестовых заданий.                                                    | оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если (15 баллов) знания систематизированы, обобщены,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|  |  |                                                                                       |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. |  | <p>глубоки, мобильны. Получены ответы на все вопросы теста.</p> <p>оценка «<i>хорошо</i>» выставляется обучающемуся, если (8-14 баллов) знания обобщенные, но не прочные. При ответе на вопросы теста допущены от 1 до 5 ошибок.</p> <p>оценка «<i>удовлетворительно</i>» выставляется обучающемуся, если (менее 8 баллов) знания обрывочные, бессистемные, поверхностные. При ответе на вопросы теста допущено более 5 ошибок.</p> <p>оценка «<i>неудовлетворительно</i>» выставляется обучающемуся, если (0 баллов) знания по дисциплине отсутствуют. Тест не написан, либо на все вопросы получены неправильные ответы.</p> <p>«<i>зачтено</i>» выставляется обучающемуся, если знания по дисциплине оцениваются от "отлично" до "удовлетворительно"</p> <p>«<i>незачтено</i>» выставляется обучающемуся, если знания по дисциплине отсутствуют.</p> |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Приложение В

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

### Письменный и устный опрос.

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

[http://bibl.rusoil.net/base\\_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13493.pdf](http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13493.pdf)

1. Назначение и свойства буровых растворов.
2. Реологические модели жидкостей.
3. Гидростатика в бурении.
4. Гидростатическое давление неньютоновских и вязкопластичных жидкостей.
5. Понятие об аномально низком и аномально высоком пластовом давлении.
6. Выбор плотности промывочных жидкостей.
7. Выбор расхода промывочной жидкости.
8. Факторы, определяющие очистку забоя, вынос шлама на дневную поверхность.
9. Расчет потерь давления в элементах циркуляционной системы.
10. Выбор уравнений потерь давления в трубах и кольцевом пространстве при ламинарном и турбулентном режимах.
11. Влияние эксцентриситета кольцевого пространства на перепад давления.
12. Особенности гидравлических расчетов при бурении с продувкой воздухом (газом) и промывкой азрированной жидкостью.
13. Области применения бурения с продувкой воздухом (газом) и промывкой азрированной жидкостью.
14. Особенности выбора расхода воздуха (газа) и жидкой фазы.
15. Расчет давлений.
16. Гидродинамические давления в скважине.
17. Виды гидравлических ударов в скважине.
18. Расчет изменения давления в скважине при СПО.
19. Расчет максимально допустимой скорости подъема и спуска труб.
20. Закономерности смешения и вытеснения жидкостей при их последовательном движении.
21. Влияние режимов течения, соотношение плотностей и вязкостей на смешение и вытеснение жидкостей.
22. Особенности транспортирования частиц шлама по стволу горизонтальной скважины.
23. Механизмы транспортирования твердых частиц потоком жидкости в горизонтальном канале.
24. Влияние эксцентричного расположения буровой колонны и реологических свойств промывочной жидкости на транспорт частиц шлама.
25. Кольматация.
26. Необходимые условия кольматации.
27. Механизмы кольматации.
28. Декольматация.
29. Гидравлические расчеты при газоводонефтепроявлениях (ГНВП).
30. Причины ГНВП.
31. Признаки ГНВП.
32. Изменение давления в скважине при всплытии порции газа.
33. Управление давлением в скважине всплытии порции газа.

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования

«Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Октябрьском  
Кафедра механики и технологии машиностроения

Экзаменационный билет № 1

на экзамен по дисциплине «Гидроаэромеханика в бурении»  
по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело  
профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин»

1. Реологические модели жидкостей.
2. Выбор расхода промывочной жидкости.
3. Определить плотность промывочной жидкости, если пластовое давление РПЛ=23 МПа, глубина залегания L=1700 м.

Лектор

Е.Л. Гусейнова

Заведующий кафедрой МТМ

В.Ш. Мухаметшин

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Октябрьском  
Кафедра механики и технологии машиностроения

Экзаменационный билет № 2

на экзамен по дисциплине «Гидроаэромеханика в бурении»  
по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело  
профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин»

1. Гидростатика в бурении.
2. Кольматация.
3. Определить расход промывочной жидкости, необходимый для очистки забоя.  $d=0,127$  м,  $D=0,216$  м.

Лектор

Е.Л. Гусейнова

Заведующий кафедрой МТМ

В.Ш. Мухаметшин

1. Назначение буровых растворов

Буровым раствором называют сложную дисперсионную систему жидкостей эмульсионного, аэрационного и суспензионного типа, которые служат для промывки стволов в ходе бурения скважин. Циркулируя внутри, раствор чистит стенки от наслоений, вымывает остатки пробуренных пород, выводя их на поверхность, стимулирует разрушение слоев инструментом, позволяет провести качественное вскрытие горизонта и решить массу иных задач.

Успех бурения скважин в значительной степени зависит от состава и свойств буровых растворов, которые должны обеспечивать безопасность и безаварийность ведения работ при высокой скорости бурения и качественном вскрытии продуктивного пласта. Применение буровых растворов с регулируемыми свойствами оправданно требует значительных средств с целью экономии затрат времени на работы, связанные с авариями, осложнениями, проработками и промывками, длительностью и результатами освоения.

Буровые промывочные жидкости выполняют ряд важных функций.

- Создание противодавления на пласт. Гидростатическое давление столба промывочной жидкости должно быть больше пластового давления. Таким образом, создаются условия для предупреждения проявлений нефти, газа и пластовой воды. Давление жидкости или газа, содержащихся в проницаемых пластах, зависит от глубины их залегания и ряда других факторов. Давление быва-

ет нормальным для данной глубины, а может быть аномально высоким или аномально низким. Плотность бурового раствора подбирается таким образом, чтобы давление столба раствора было несколько выше пластового давления и препятствовало перетоку жидкости или газа из пласта в скважину как при бурении так и во время СПО.

- Охлаждение поверхностей долот, бурильных труб и их смазывание. В процессе бурения между долотом и разрушаемой породой, а также между вращающимся бурильным инструментом и стенками скважины возникают значительные силы трения. Благодаря присутствию промывочной жидкости, коэффициент трения значительно уменьшается, а теплота, выделяющаяся вследствие трения, рассеивается потоком жидкости. Кроме того, на стенках скважины образуется скользкая корка, которая способствует уменьшению силы трения труб при вращении и СПО. Смазывание инструмента и уменьшение температуры повышают износостойкость техники.
- Очистка забоя скважины является одной из основных функций раствора, способствующая достижению максимальной скорости бурения. Большинство применяемых растворов эффективно очищают забой скважины от выбуренной породы. Качество и степень очистки определяется физико-химическими свойствами составов, а также геологическими особенностями, поэтому при приготовлении растворов учитывается состав горных пород месторождения. Для избежания усталостного (повторного) режима разрушения забоя используются гидромониторные насадки на долоте. Наилучшие условия разрушения создаются при минимальной разнице гидростатического и порового давлений в разбуриваемых породах. Механическая скорость бурения повышается при обработке раствора ПАВ, понижающими поверхностное натяжение. Существенное влияние оказывает величина мгновенной фильтрации раствора, чем она больше, тем выше механическая скорость. Но, поддерживать указанные параметры для успешной работы долота удастся не всегда, поскольку существует целый ряд технологических требований к буровому раствору, связанных с геологическими условиями бурения.
- Вынос выбуренной породы из скважины. Важнейшей функцией бурового раствора является удаление частиц выбуренной и обвалившейся породы из скважины на поверхность. Качество очистки скважины от шлама (скорость и степень) зависит от скорости восходящего потока, которая определяется производительностью насосов. На эффективность выноса породы оказывают влияние физические свойства промывочных жидкостей плотность, вязкость и динамическое напряжение сдвига. Эффективное удаление частиц породы возможно, если скорость восходящего потока жидкости превышает скорости осаждения частиц. Скорость осаждения частиц в неподвижном растворе зависит от размеров и форм, разницы плотностей раствора и частицы, вязкости и тиксотропных свойств раствора. В тиксотропных растворах при прекращении циркуляции образуется достаточно прочная структура, препятствующая осаждению частиц. Статическое напряжение сдвига буровых растворов меняется в широких пределах, и существует возможность в большинстве растворов получения структуры, в которой частица любого размера с обычной плотностью остается во взвешенном состоянии.
- Создание на стенках скважины малопроницаемой фильтрационной корки. Под влиянием разницы гидростатического давления столба бурового раствора и пластового на стенках скважины образуется фильтрационная корка из твердой фазы раствора. Формируемая корка имеет невысокую проницаемость, поэтому в верхней части разреза корка консолидирует несцементированные пески и обеспечивает их устойчивость. Одновременно, корка фактически разобщает скважину и проницаемые пласты. Однако при большой величине водоотдачи на стенке скважины образуется толстая фильтрационная корка, наличие которой оказывает отрицательное влияние на состояние скважины. Поскольку увеличивается вероятность возникновения дифференциального прихвата. К толстой и рыхлой корке может прилипать шлам, при этом происходит сужение ствола скважины с последующими осложнениями (затяжки, прихваты при подъеме). При больших значениях величины водоотдачи в продуктивный пласт может поступать значительное количество фильтрата на большую глубину, что приводит к существенному снижению проницаемости пласта при последующей эксплуатации скважины. Величина водоотдачи бурового раствора поддерживается на минимальном уровне. Наиболее эффективными системами для предупреждения указанных осложнений являются полимерные растворы с низким содержанием твердой фазы.
- Предупреждение осыпей и обвалов стенок скважины. Осыпи и обвалы неустойчивых глин

являются основными видами осложнений, возникающих при бурении. Состав и свойства бурового раствора оказывают огромное влияние на наличие подобных осложнений.

- Обеспечение высокого качества вскрытия горизонтов. Загрязнение продуктивных пластов при бурении существенно снижает их проницаемость. Процесс может носить обратимый и необратимый характер. Может происходить полная закупорка пласта, и в этом случае вызвать приток удастся только с помощью специальных методов интенсификации. Мировой наукой и практикой установлено, что все компоненты бурового раствора (твердые и жидкие) активно взаимодействуют с продуктивным пластом. Снижение затрат на фиксацию при помощи колонн.
- Получение данных для анализа при работе разведывательных скважин является одним из вспомогательных назначений раствора; предметом изучения является выносимый шлам. При хорошей организации аналитического контроля на скважине циркулирующий буровой раствор предоставляет информацию о геологическом разрезе скважины. Источниками информации являются выносимые раствором шлам, газ и флюиды (вода, нефть). Изучение шлама, изменившегося состава раствора и его фильтрата позволяет определить минералогическую природу разбуриваемых пород, тип и состав поступившей в раствор жидкости или газа. Интерпретация текущей информации, полученной по результатам исследований бурового раствора позволяет соответственно принимать решение и сократить объем и затраты времени на проведение дорогостоящих геофизических работ.
- Повышение устойчивости труб и оборудования к коррозии. Установлено, что коррозия является главной причиной повреждения буровых колонн. В отечественной практике при бурении практически не уделяется внимание коррозии. В мировой практике коррозию буровых труб отслеживают при помощи стальных колец, установленных в специальных проточках в муфте бурового замка. Воздействие бурового раствора приводит к снижению массы колец, которую измеряют через определенные промежутки времени. Зачастую более важным является определение вида коррозионного воздействия. Точечная коррозия не сопровождается большой потерей веса, но может стать причиной аварии.

? Сокращение затрат на крепление. Применение качественного бурового раствора с заданным составом и свойствами позволяет проводить успешное вскрытие пластов, отличающихся по характеру возможных осложнений. К которым относятся водо- и газопроявляющие горизонты, неустойчивые глины, надсолевые, солевые и подсолевые отложения. Применение правильно подобранного качественного раствора способствует тому, что бурение может проводиться без спуска промежуточной колонны, разобщающей потенциально несовместимые горизонты.

? Обеспечение техники безопасности в процессе разработки и минимизация вреда для окружающей среды и экологической обстановки района. Часть ингредиентов бурового раствора и поступающих из пласта шлама, жидкостей и газа содержат вещества, представляющие опасность для персонала и окружающей среды. Особую опасность представляют пласты, содержащие токсичные кислые газы (сероводород и др.), которые могут нанести непоправимый физический ущерб персоналу. Для уменьшения токсического воздействия вскрытия пластов, содержащих токсичные газы, рекомендуется проводить с использованием специальных реагентов, которые полностью связывают эти вещества во время движения раствора от забоя до поверхности.

## 5. Понятие об аномально высоком давлении.

Аномально высоким пластовым давлением (АВПД) называется действующее на содержащиеся в поровом пространстве породы флюиды (воду, нефть, газ) давление, величина которого превышает гидростатическое давление столба пресной воды (плотностью 1003 кг/м<sup>3</sup>), по высоте равного глубине пласта в точке замера. Повышенным пластовым давлением является давление, которое превышает гидростатическое не более чем на 30%.

$$1.3 \frac{P_{пл}}{P_{гидр}} > 1 \quad (2.21)$$

Аномально высокое пластовое давление превышает условное гидростатическое давление не менее чем на 30%.

$$\frac{P_{пл}}{P_{гидр}} > 1.3 \quad (2.22)$$

Коэффициентом аномальности называется отношение пластового (порового) давления к условному гидростатическому, для глубины залегания исследуемого пласта.

$$K_a = R_{пл} / R_{гидр} \quad (2.23)$$

Градиентом пластового давления является отношение пластового давления к глубине залегания исследуемого пласта.

$$Г = R_{пл} / H \quad (2.24)$$

Аномально высокое пластовое давление существует в изолированных системах. Впервые оно было обнаружено при бурении скважины 14 октября 1875 года на Апшеронском полуострове близ Баку. В дальнейшем зоны с АВПД проявлялись при бурении в различных геологических условиях. Аномально высокие пластовые давления установлены бурением многочисленных скважин на суше и в акваториях при поисках, разведке и разработке нефтяных и газовых залежей в отложениях от плейстоцена до докембрия в широком интервале глубин. АВПД широко развиты на больших глубинах (более 4 км). Обычно АВПД превышают гидростатическое давление в 1,3-1,8 раза, значительно реже в 2,0 - 2,2; при этом они обычно не достигают значений геостатического давления, оказываемого весом вышележащих пород. Однако в единичных случаях на больших глубинах были зафиксированы АВПД, равные или превышающие значения геостатического давления, причиной может являться действие дополнительных факторов (землетрясения, грязевой вулканизм, рост солянокупольных структур). АВПД встречаются в Волго-Уральском, Южно-Каспийском, Днепровско-Донецком, Западно-Сибирском, Афгано-Таджикском, Северо-Предкарпатском и других нефтегазоносных бассейнах; за рубежом - в бассейнах Персидского и Мексиканского заливов, Сахаро-Восточно-Средиземноморском, Центральном-Европейском и др.

Наличие АВПД благоприятно сказывается на коллекторских свойствах вмещающих пород, увеличивает время естественной эксплуатации нефтяных и газовых месторождений без применения дорогостоящих вторичных методов, повышает удельные запасы газа и дебиты скважин, является благоприятным в отношении сохранности скоплений углеводородов, свидетельствует о наличии в нефтегазоносных бассейнах изолированных участков и зон. Зоны АВПД, развитые на больших глубинах, особенно там, где они пользуются региональным распространением, содержат значительные ресурсы метана, который находится в растворённом состоянии в перегретой (до 150-200°C) воде. Метан можно извлекать, а также использовать гидравлическую и тепловую энергию воды. С другой стороны, АВПД являются источником аварий в процессе бурения.

Причины возникновения зон с аномально высокими пластовыми давлениями и механизм их образования является одним из вопросов нефтяной геологии, по которому в настоящее время имеется большое количество различных гипотез. Многие авторы признают полигенность АВПД, т.е. возможность его генерации разными путями в зависимости от конкретных геологических условий района. Основные причины образования АВПД: уплотнение глинистых пород и связанное с ним выделение флюидов, катагенетическое преобразование пород и органического вещества, явления осмоса, вторжение высоконапорных флюидов из глубоких недр, процессы тектогенеза, геотермического расширения и другие отражают многообразие геологических условий земной коры, различие конкретных геологических условий тех или иных регионов. Там, где в разрезе развита достаточно мощная и быстро отложившаяся толща глинистых пород доминирующими механизмами могут быть "литогенетические", в тектонически-активных, дислоцированных - "вертикально-миграционные" и т.д. Также можно выделить следующие причины возникновения аномально-высокого пластового давления.

1. Передача части горного давления на залежь. Если скелет породы слабый, то часть горного давления передается на жидкость или газ, находящиеся в ее порах. К таким породам со слабым скелетом, в частности, относятся глины. Поэтому в изолированных линзовидных, карманообразных резервуарах, находящихся внутри глинистых толщ, возникают аномальные давления, превышающие нормальное гидростатическое давление.
2. Вторичное увеличение объема залежи в зонах высоких температур. В зоне больших глубин и высоких температур сложные углеводородные соединения с длинными цепями разрушаются с образованием большого количества простых молекул. Увеличение числа молекул приводит к увеличению объема. Увеличение объема залежи приводит к возрастанию давления внутри замкнутого резервуара. По этой причине в газоконденсатных залежах, образующихся за счет разрушения газонефтяной залежи, часто наблюдается АВПД.
3. Кратковременное повышение пластового давления возникает при землетрясениях. Наблюдения

показывают, что в сейсмически активных областях перед землетрясением повышаются дебиты нефти в скважинах.

4. Тектонические движения по разломам. В приподнятом блоке залежи, разорванной разломами, в течении длительного времени будет сохраняться прежнее высокое пластовое давление, характерное до ее воздымания.

5. Вторичное сокращение объема пор в коллекторах при кристаллизации цемента в законтурных частях резервуара. Залежь при этом приобретает замкнутый и полузамкнутый характер.

#### 8. Осаждение и вынос частиц шлама

Осаждение - это процесс разделения жидких или газовых неоднородных систем, при котором взвешенные в жидкости или газе твердые или жидкие частицы отделяются от сплошной фазы под действием силы тяжести, сил инерции (в том числе центробежных) или электростатических сил. Осаждение, происходящее под действием силы тяжести, называется отстаиванием. В основном отстаивание применяется для предварительного, грубого разделения неоднородных систем. Одной из функций промывочной жидкости при бурении является вынос частиц разбуриваемых пород на поверхность. Кроме того, промывочная жидкость должна по возможности легче освобождаться от шлама на поверхности в очистных сооружениях, в то же время во избежание прихватов нежелательно осаждение частиц шлама на забой скважины при внезапной остановке циркуляции. Подъем бурового шлама до поверхности происходит в результате совокупного действия подъемных сил потока жидкости и сил проскальзывания твердых частиц в растворе, обусловленных их весом. На эти процессы накладываются различные побочные эффекты, создаваемые вращением буровой колонны, неравномерным профилем распределения скоростей, изменением площади проходного сечения, наличием в жидкости газовых пузырьков и т.п.

#### Курсовая работа (проект).

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

[http://bibl.rusoil.net/base\\_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13512.pdf](http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13512.pdf)

Выполнение курсовой работы «Расчет гидравлической программы проводки скважины» проводится с целью приобретения умений и навыков выполнения основных гидравлических расчетов для проведения бурового процесса. В процессе выполнения курсовой работы студенты изучают литературные источники, выбирают, обобщают, анализируют и оценивают большой объем информации, закрепляют теоретические знания и методики расчета. Выполнение курсовой работы требует от студентов овладеть методами обработки, анализа результатов гидравлических расчетов, оценивать достоверность результатов расчета, делать выводы.

При выполнении курсовой работы студенты должны изучить следующие разделы теоретического курса гидроаэромеханики:

- буровые промывочные жидкости и их физические свойства;
- реологические модели;
- ? гидростатика в бурении;
- ? выбор расхода промывочной жидкости;
- осаждение и вынос шлама;
- ? режимы движения жидкости;
- линейные потери напора;
- местные потери напора;
- ? выбор насосов.

Выполнение курсовой работы способствует закреплению теоретических знаний по рассматриваемым разделам и развивает умение применять их на практике в освоении дисциплин «Гидроаэромеханика в бурении» и «Гидроаэромеханические расчеты в бурении».

В курсовой работе, используя заданные числовые значения или взятые на производстве, необходимо произвести расчет гидравлической программы проводки скважины. Которая включает реше-



ние следующих задач: выбор плотности промывочной жидкости, расчет реологических параметров промывочной жидкости, выбор расхода, расчет гидравлических потерь, выбор насоса.

Вопросы для защиты курсовой работы.

1. Каким образом выбирается плотность промывочной жидкости?
2. В каких единицах измеряется плотность промывочной жидкости?
3. Какие реологические параметры промывочной жидкости существуют?
4. Как производится выбор реологических параметров промывочной жидкости?
5. Единицы измерения статического напряжения сдвига? Динамического напряжения сдвига?
6. Условие подъема частиц шлама восходящим потоком жидкости?
7. От каких параметров зависит скорость оседания частиц шлама в восходящем потоке жидкости?
8. Как определяется скорость оседания частиц в потоке ньютоновской жидкости?
9. Основные функции промывочной жидкости, выполнение которых обеспечивается достаточным расходом?
10. Как определяется расход промывочной жидкости, необходимый для очистки забоя?
11. Как определяется расход промывочной жидкости, необходимый для подъема шлама в кольцевом пространстве вертикальной или слабонаклонной скважины?
12. Как определяется расход промывочной жидкости, при котором достигается турбулентный режим течения?
13. Как определяется критерий режима движения для ньютоновской жидкости?
14. Как определяется критерий режима движения для ВПЖ жидкости?
15. К чему приводит эксцентриситет кольцевого пространства?
16. От каких параметров зависит выбор расчетной зависимости для определения линейных потерь давления?
17. Где определяются линейные потери давления?
18. Как определяются потери давления на местных сопротивлениях?
19. Как производится выбор насоса?
20. Что включает в себя режим работы насоса?

### Расчетно-графическая работа.

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

[http://bibl.rusoil.net/base\\_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13495.pdf](http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13495.pdf)

[http://bibl.rusoil.net/base\\_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13492.pdf](http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13492.pdf)

Задача 1. Определить плотность промывочной жидкости, если известны пластовое давление РПл и глубина залегания пласта Н.

Задача 2. Найти давление на устье скважины при проявлении, если известны пластовое давление Рпл, глубина залегания проявляющего пласта Н и плотность промывочной жидкости ?.

Задача 3. Определить будет ли оседать в потоке вязкопластичной жидкости шарообразная частица диаметром d, плотность породы ?п, плотность промывочной жидкости ?ж, СНС ?. Будет ли оседать частица плоской формы?

Задача 4. Найти скорость оседания частицы шлама размером d<sub>ж</sub> в ламинарном и турбулентном восходящих потоках вязкопластичной жидкости, если плотность породы ?п, плотность промывочной жидкости ?ж, ДНС ?0, СНС ?, пластическая вязкость промывочной жидкости ?.

Задача 5. Определите минимальное значение СНС раствора, при котором не будет выпадения утяжелителя плотностью рп с размером частиц d<sub>ж</sub>. Плотность жидкости, в которой находится утяжелитель, ?ж.

Задача 6. Определить будет ли выноситься на дневную поверхность одиночная частица шарообразной формы в потоке ньютоновской жидкости (затрубное пространство). Расход промывочной жидкости Q, эквивалентный диаметр частицы d<sub>ж</sub>, плотность породы ?п, плотность промывочной жидкости ?ж, динамическая вязкость промывочной жидкости ?, диаметр скважины Dс, наружный

диаметр трубы  $d_n$ .

Задача 7. Определить будет ли выноситься на дневную поверхность одиночная частица шарообразной формы в потоке неньютоновской вязкопластичной жидкости (затрубное пространство).

Расход промывочной жидкости  $Q$ , плотность породы  $\rho_p$ , плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , ДНС  $\eta_0$ , СНС  $\eta$ , пластическая вязкость промывочной жидкости  $\tau_0$ , диаметр скважины  $D_c$ , наружный диаметр трубы  $d_n$ .

Задача 8. Рассчитать максимальный размер пузырьков газа, которые не будут всплывать в потоке вязкопластичной жидкости  $\rho_j$ , СНС  $\eta$ .

Задача 9. Определить расход промывочной жидкости, необходимый для подъема шлама в кольцевом пространстве, при бурении под техническую колонну с промывкой глинистым раствором турбинным способом. Диаметр трубы  $d_t$ , диаметр скважины  $D_c$ .

Задача 10. Определить расход промывочной жидкости, необходимый для подъема шлама в кольцевом пространстве, при бурении под кондуктор с промывкой глинистым раствором роторным способом. Диаметр трубы  $d_t$ , диаметр скважины  $D_c$ .

Задача 11. Определить минимальный расход промывочной жидкости, при котором будет создаваться турбулентный режим. Плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , ДНС  $\eta_0$ , пластическая вязкость промывочной жидкости  $\tau_0$ , диаметр скважины  $D_c$ , наружный диаметр труб  $d_n$ .

Задача 12. Определить расход промывочной жидкости, необходимый для подъема частиц шлама с эквивалентным диаметром  $d_{\text{э}}$ , плотность породы  $\rho_p$ , плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , динамическая вязкость промывочной жидкости  $\eta$ , диаметр скважины  $D_c$ , наружный диаметр трубы  $d_n$ .

Задача 13. Определить расход промывочной жидкости, необходимый для очистки забоя. Внутренний диаметр трубы  $d_t$ , диаметр муфты трубы  $D_m$ .

Задача 14. Определить режим движения жидкости в кольцевом пространстве если, диаметр скважины  $D_c$ , наружный диаметр трубы  $d_n$ , плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , расход  $Q$ .

Задача 15. Рассчитать потери давления внутри колонны бурильных труб, если наружный диаметр трубы  $d_n$ , толщина стенки  $\delta$ , длина колонны бурильных труб  $L$ , плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , расход промывочной жидкости  $Q$ .

Задача 16. Определить суммарные потери напора в замковых соединениях труб в заколонном пространстве с использованием бурильных труб СБТ, расход жидкости  $Q$ , плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , глубина  $L$ , диаметр долота.

Задача 17. Определить суммарные потери напора в замковых соединениях труб в трубном пространстве с использованием бурильных труб СБТ, расход жидкости  $Q$ , плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , глубина  $L$ , диаметр долота.

Задача 18. Найти потери напора на ГЗД 2ТСШ-240. Расход жидкости  $Q$ , плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ .

Задача 19. Определить гидродинамическое давление при движении труб с открытым нижним концом. Плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , расход  $Q$ , наружный диаметр труб  $d_n$ . Длина скважины по стволу от забоя до устья. Диаметр скважины  $D_c$ . ДНС  $\eta_0$ , пластическая вязкость промывочной жидкости  $\tau_0$ .

Задача 20. Определить гидродинамическое давление при движении колонны бурильных труб вниз со скоростью 0,5 м/с. Плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , расход  $Q$ , трубы с наружным диаметром  $d_n$ . Длина скважины по стволу от забоя до устья  $L$ . Диаметр скважины  $D_c$ , ДНС  $\eta_0$ , пластическая вязкость промывочной жидкости  $\tau_0$ .

Задача 21. Определить изменение давления в скважине при обрушении стенок скважины. Гидроудар прямой. Плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , расход  $Q$ , трубы стальные с наружным диаметром  $d_n$ , толщина стенки  $\delta$ . Длина скважины от забоя до места обрушения  $L$ . Диаметр долота  $D_d$ .

Задача 22. Определить изменение давления в скважине при забивании промывочных отверстий в долоте. Гидроудар прямой. Плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , расход  $Q$ , трубы стальные с внутренним диаметром  $d_v$ , толщина стенки  $\delta$ . Длина скважины по стволу  $L$ .

Задача 23. Определить изменение давления в скважине при обрушении стенок скважины. Гидроудар прямой. Плотность промывочной жидкости  $\rho_j$ , расход  $Q$ , трубы стальные с внутренним диаметром  $d_v$ , толщина стенки  $\delta$ . Длина скважины от забоя до места обрушения  $L$ . Диаметр долота  $D_d$ .

Дд.

### Тест.

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

1) Выберите правильный ответ:

Различают следующие виды вязкости

а) кинематическая; б) статическая; в) динамическая; г) аналитическая; д) относительная, е) условная.

2) Выберите правильный ответ:

Движение жидкости, при котором не происходит перемешивания частиц, называется:

а) турбулентным; б) неустановившемся; в) ламинарным; г) установившемся.

3) Выберите правильный ответ:

Давление, превышающее гидростатическое давление, создаваемое пресной водой на уровне продуктивного пласта называется:

а) аномально низким; б) гидродинамическим; в) аномально высоким; г) пластовым.

4) Выберите правильный ответ:

Гидростатическое давление измеряется в:

а) Ньютонах; б) метрах; в) Джоулях; ж) Паскалях.

5) Выберите правильный ответ:

Для ньютоновской жидкости режим течения определяется величиной параметра:

а) Хедстрема; б) Рейнольдса и Хедстрема; в) Рейнольдса; г) Сен-Бинана; д) обобщенному параметру Рейнольдса.

6) Выберите правильный ответ:

Для вязкопластичной жидкости Бингама режим течения определяется величиной параметра:

а) Хедстрема; б) Рейнольдса и Хедстрема; в) Рейнольдса; г) Сен-Бинана; д) обобщенному параметру Рейнольдса.

7) Выберите правильный ответ:

Эффективная вязкость дилатантных жидкостей с увеличением градиента скорости (расхода жидкости):

а) уменьшается; б) растет; в) остается постоянной; г) может увеличиваться, может уменьшаться.

8) Выберите правильный ответ:

Гидростатическое давление с увеличением глубины:

а) уменьшается; б) растет; в) остается постоянным; г) может увеличиваться, может уменьшаться

9) Уберите лишнее:

Расход промывочной жидкости должен быть достаточным для:

а) очистки забоя, б) транспортирования частиц выбуренной породы; в) гидроразрыва пород; г) передачи энергии гидравлическому забойному двигателю; д) размыва стенок скважины.

10) Выберите правильный ответ:

Размерность плотности бурового раствора в системе СИ

а) кг/м<sup>3</sup>; б) т/м<sup>3</sup>; в) кг<sup>3</sup>/м; г) г/см<sup>3</sup>.

11) Продолжите предложение:

Плотность бурового раствора выбирается из условия создания...

12) Продолжите предложение:

Давление на насосах (насосе) определяется как сумма всех давлений, затраченных на преодоление.....

13) Продолжите предложение:

Давление, действующее на флюиды (воду, нефть, газ), содержащиеся в поровом пространстве породы, величина которого меньше нормального (гидростатического) называется .....

14) Продолжите предложение:

Давление, действующее на флюиды (воду, нефть, газ), содержащиеся в поровом пространстве породы, величина которого больше нормального (гидростатического) называется .....

15) Подчеркните все правильные ответы:

Функции бурового раствора.

Удаление продуктов разрушения из скважины.

Охлаждение породоразрушающего инструмента и бурильных труб.

Разрушение горной породы.

Удержание частиц выбуренной породы во взвешенном состоянии.

Сохранение устойчивости стенок скважины.

Создание гидростатического равновесия в системе "ствол скважины - пласт"

Создание гидродинамического давления.

Сохранение проницаемости продуктивных горизонтов.

16) Вставьте пропущенное слово:

Эксцентриситет кольцевого пространства приводит к ..... по-терь давления.

17) Подчеркните все правильные ответы:

Различают виды кольматации:

Механическая.

Физическая.

Химическая.

Биологическая.

18) Продолжите предложение:

Вид осложнения, при котором поступление флюида из пласта в скважину или через ее устье можно регулировать или приостанавливать с помощью запорного оборудования называется

Правильные ответы на тестовые задания.

1. а, в, е.

2. в.

3. в.

4. ж.

5. б.

6. б.

7. а.

8. б.

9. в.

10. а.

11. ...противодавления на пласт.

12. ... гидравлических сопротивлений.

13. Аномально низким.

14. Аномально высоким.

15. Функции бурового раствора.

Удаление продуктов разрушения из скважины.

Охлаждение породоразрушающего инструмента и бурильных труб.

Разрушение горной породы.

Удержание частиц выбуренной породы во взвешенном состоянии.

Сохранение устойчивости стенок скважины.

Создание гидростатического равновесия в системе "ствол скважины - пласт"

Создание гидродинамического давления.

Сохранение проницаемости продуктивных горизонтов.

16. Увеличению.

17. Механическая, физическая, химическая.

18. Проявление.

### Лабораторная работа.

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

[http://bibl.rusoil.net/base\\_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13516.pdf](http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13516.pdf)

[http://bibl.rusoil.net/base\\_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13514.pdf](http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13514.pdf)

[http://bibl.rusoil.net/base\\_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13515.pdf](http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Oktyabrski/Guseinova13515.pdf)

1. Какое движение жидкости называется ламинарным? Турбулентным? Структурным?
2. В чем состоит особенность ламинарного режима движения? Турбулентного?
3. Как определить число Рейнольдса?
4. Чему равно критическое число Рейнольдса?
5. Особенности ламинарного режима вязко-пластичных жидкостей?