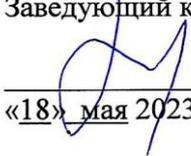


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**СУРГУТСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА**  
**(ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(Филиал ТИУ в г. Сургуте)**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой

  
Р.Д. Татлыев  
«18» мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Наименование дисциплины: | <b>Эксплуатация нефтяных скважин в<br/>осложненных условиях</b> |
| направление подготовки:  | <b>21.03.01 Нефтегазовое дело</b>                               |
| направленность:          | <b>Эксплуатация и обслуживание объектов<br/>добычи нефти</b>    |
| форма обучения:          | <b>очная/очно-заочная</b>                                       |

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры Нефтегазовое дело  
Протокол №14 от «18» мая 2023 г.

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Целью** учебной дисциплины «Эксплуатация нефтяных скважин в осложненных условиях» является изучение теоретических основ, причин и условий образования осложнений в процессах добычи нефти, современных способов предотвращения их возникновения и методов борьбы с вредным проявлением осложнений при эксплуатации скважин.

**Задачи дисциплины:** заключаются в приобретении студентами теоретических знаний и практических навыков решения задач, связанных с эксплуатацией нефтяных и газовых скважин в условиях действия осложняющих факторов. Студент должен изучить теоретические основы выбора рационального способа добычи нефти при разработке месторождений, физические причины, вызывающие осложнения при эксплуатации нефтяных и газовых скважин, способы борьбы с отложениями неорганических солей, асфальтосмоло-парафиновых веществ и гидратов, современные технологии механизированной эксплуатации скважин в условиях высоких газовых факторов, повышенной кривизны ствола скважин и интенсивного выноса песка, методы защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии, насосное оборудование для подъема высоковязких нефтей из скважин. Одной из главных задач дисциплины является освоение основных программных комплексов для проектирования и оптимизации режимов работы насосных установок в добывающих скважинах, применяемые в мире и нефтяных компаниях Западной Сибири

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Эксплуатация нефтяных скважин в осложненных условиях» относится к блоку дисциплины (модули) по выбору. Код дисциплины Б1.В.ДВ.05.02.

Дисциплины, предшествующие изучению данной дисциплины Математика, Физика, Геология нефти и газа, Физика пласта, Основы разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее Разработка и проектирование нефтяных и газовых месторождений, Гидродинамические исследования скважин

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)                   | Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)                                   |
|--|--|---|
| <b>ПКС-2</b><br>Способность проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой | <b>ПКС-2.3</b><br>Анализирует параметры работы технологического оборудования | Знать: требования по оформлению документов по эксплуатации нефтепромыслового оборудования       |
|  |  | Уметь: оформлять технологическую документацию по эксплуатации нефтепромыслового оборудования    |
|  |  | Владеть: методами ведения технической документации по эксплуатации буровых машин                |
|  | <b>ПКС-2.5</b> Обосновывает выбор методов диагностики и технического         | Знать: современные методы предотвращения образования осложнений при добыче скважинной продукции |

|                               |   |   |
|-------------------------------|---|---|
| профессиональной деятельности | обслуживания технологического оборудования в соответствии с требованиями промышленной безопасности и охраны труда | Уметь: проводить гидравлические расчеты промывки скважин (удаление песка, прокачки пара, горячей нефти) |
|                               |   | Владеть: навыками мероприятий по восстановлению работоспособности скважины                              |

#### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет **3** зачетных единицы, **108** часов.

Таблица 4.1.

| Форма обучения | Курс, семестр | Аудиторные занятия / контактная работа, час. |                      |                      |          | Самостоятельная работа, час. | Форма промежуточной аттестации |
|----------------|---------------|--|----------------------|----------------------|----------|------------------------------|--------------------------------|
|                |               | Лекции                                       | Практические занятия | Лабораторные занятия | Контроль |                              |                                |
| Очная          | 4/8           | 10   | 10                   | -                    | -        | 52                           | зачёт                          |
| Очно-заочная   | 5/9           | 10   | 18                   | -                    | -        | 44                           | зачёт                          |

#### 5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины

**-очная (ОФО)/очно-заочная форма обучения (ОЗФО)**

Таблица 5.1.1

| № п/п | Структура дисциплины |   | Аудиторные занятия, час. |     |      | СРС, час. | Всего, час. | Код ИДК            | Оценочные средства   |
|-------|----------------------|---|--------------------------|-----|------|-----------|-------------|--------------------|--|
|       | Номер раздела        | Наименование раздела  | Лек.                     | Пр. | Лаб. |           |             |                    |  |
| 1     | 1                    | Введение в дисциплину. Виды и причины осложнений при эксплуатации скважин | 1/1                      | 1/3 | -    | 8/7       | 10/11       | ПКС-2.3<br>ПКС-2.5 | Письменный опрос в рамках текущей аттестации, отчет по практической работе |
| 2     | 2                    | Борьба с повышенным выносом песка при эксплуатации скважин                | 1/1                      | 1/3 | -    | 8/7       | 10/11       | ПКС-2.3<br>ПКС-2.5 | Письменный опрос в рамках текущей аттестации, отчет по практической работе |
| 3     | 3                    | Борьба с вредным влиянием газа при эксплуатации скважин                   | 2/2                      | 2/3 | -    | 9/7       | 13/12       | ПКС-2.3<br>ПКС-2.5 | Письменный опрос в рамках текущей аттестации                               |

|        |   |   |       |       |   |       |       |                    |  |
|--------|---|---|-------|-------|---|-------|-------|--------------------|--|
|        |   |   |       |       |   |       |       |                    | , отчет по практической работе   |
| 4      | 4 | Особенности эксплуатации скважин при образовании асфальтосмолопарафинистых отложений (АСПО) | 2/2   | 2/3   | - | 9/7   | 13/12 | ПКС-2.3<br>ПКС-2.5 | Письменный опрос в рамках текущей аттестации, отчет по практической работе |
| 5      | 5 | Особенности эксплуатации скважин при обводнении добываемой продукции                        | 2/2   | 2/3   | - | 9/8   | 13/13 | ПКС-2.3<br>ПКС-2.5 | Письменный опрос в рамках текущей аттестации, отчет по практической работе |
| 6      | 6 | Образование солей в скважинах и технологии применения бактерицидов                          | 2/2   | 2/3   | - | 9/8   | 13/13 | ПКС-2.3<br>ПКС-2.5 | Письменный опрос в рамках текущей аттестации, отчет по практической работе |
| Итого: |   |   | 10/10 | 10/18 | - | 52/44 | 72/72 |                    |  |

## 5.2. Содержание дисциплины.

### 5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

#### **Раздел 1. Введение в дисциплину. Виды и причины осложнений при эксплуатации скважин**

Объекты эксплуатации и осложнения в добыче нефти. Характеристика основных видов осложнений.

#### **Раздел 2. Борьба с повышенным выносом песка при эксплуатации скважин**

Механические примеси в добываемой и транспортируемой продукции. Борьба с образованием песчаных пробок в скважинах. Методы предотвращения поступления песка в скважину. Удаление механических примесей. Влияние механических примесей на коррозию нефтепромыслового оборудования. Методы предотвращения поступления песка в скважину. Методы удаления механических примесей.

#### **Раздел 3. Борьба с вредным влиянием газа при эксплуатации скважин**

Борьба с вредным влиянием газа на работу штангового насоса. Кристаллогидраты и предупреждения образования.

#### **Раздел 4. Особенности эксплуатации скважин при образовании асфальтосмолопарафинистых отложений (АСПО)**

Состав и свойства АСПО. Причины и условия образования АСПО. Методы борьбы с АСПО. Основные правила транспортировки и хранения химических реагентов.

#### **Раздел 5. Особенности эксплуатации скважин при обводнении добываемой продукции**

Образование и свойства нефтяных эмульсий. Разрушение эмульсий. Сверхпроектное обводнение продукции скважин. Образование и свойства промежуточных слоев эмульсий. Разрушение и предотвращение образования промежуточных слоев эмульсии. Лабораторные исследования влияния магнитной обработки на свойства промысловых жидкостей.

#### **Раздел 6. Образование солей в скважинах и технологии применения бактерицидов**

Основные причины увеличения сульфатности. Удаление и предотвращение солеотложений. Причины и условия отложений солей. Прогнозирование солеотложений. Прогнозирование отложений сульфата кальция. Меры безопасности и влияние на окружающую среду при закачке сухого активного ила. Технология микробиологического воздействия на пласт.

### 5.2.2. Содержание дисциплины/модуля по видам учебных занятий.

#### Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

| № п/п  | Номер раздела дисциплины | Объем, час. | Тема лекции   |
|--------|--------------------------|-------------|---|
|        |                          | ОФО/ОЗФО    |   |
| 1      | 1                        | 1/1         | Объекты эксплуатации и осложнения в добыче нефти. Характеристика основных видов осложнений.   |
| 2      | 2                        | 1/1         | Механические примеси в добываемой и транспортируемой продукции. Борьба с образованием песчаных пробок в скважинах. Методы предотвращения поступления песка в скважину. Удаление механических примесей. Влияние механических примесей на коррозию нефтепромыслового оборудования. Методы предотвращения поступления песка в скважину. Методы удаления механических примесей. |
| 3      | 3                        | 2/2         | Борьба с вредным влиянием газа на работу штангового насоса. Кристаллогидраты и предупреждения образования.  |
| 4      | 4                        | 2/2         | Состав и свойства АСПО. Причины и условия образования АСПО. Методы борьбы с АСПО. Основные правила транспортировки и хранения химических реагентов.   |
| 5      | 5                        | 2/2         | Образование и свойства нефтяных эмульсий. Разрушение эмульсий. Сверхпроектное обводнение продукции скважин. Образование и свойства промежуточных слоев эмульсий. Разрушение и предотвращение образования промежуточных слоев эмульсии. Лабораторные исследования влияния магнитной обработки на свойства промышленных жидкостей.  |
| 6      | 6                        | 2/2         | Основные причины увеличения сульфатности. Удаление и предотвращение солеотложений. Причины и условия отложений солей. Прогнозирование солеотложений. Прогнозирование отложений сульфата кальция. Меры безопасности и влияние на окружающую среду при закачке сухого активного ила. Технология микробиологического воздействия на пласт.                                     |
| Итого: |                          | 10/10       |   |

#### Практические занятия

Таблица 5.2.2

| № п/п  | Номер раздела дисциплины | Объем, час. | Тема практического занятия   |
|--------|--------------------------|-------------|--|
|        |                          | ОФО/ ОЗФО   |  |
| 1      | 1                        | 1/3         | Расчет основных технологических параметров работы внутрискважинного насосного оборудования       |
| 2      | 2                        | 1/3         | Расчет основных технологических параметров промывки скважин от песчаных пробок                   |
| 3      | 2                        | 2/3         | Определение оптимальной глубины спуска УЭЦН в скважину   |
| 4      | 3                        | 2/3         | Расчет распределения температуры по стволу скважины  |
| 5      | 3                        | 2/3         | Расчет основных технологических параметров полимерного воздействия на пласт                      |
| 6      | 4                        | 2/3         | Применение ингибиторов для борьбы с солеотложениями на подземном оборудовании добывающих скважин |
| Итого: |                          | 10/18       |  |

## Лабораторные работы

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

### Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.3

| № п/п  | Номер раздела дисциплины | Объем, час. | Тема  | Вид СРС                              |
|--------|--------------------------|-------------|---|--------------------------------------|
|        |                          | ОФО/ОЗФО    |   |                                      |
| 1      | 2                        | 8/7         | Объекты эксплуатации и осложнения в добыче нефти. Характеристика основных видов осложнений.   | Подготовка к практическим занятиям к |
| 2      | 2                        | 8/7         | Механические примеси в добываемой и транспортируемой продукции. Борьба с образованием песчаных пробок в скважинах. Методы предотвращения поступления песка в скважину. Удаление механических примесей. Влияние механических примесей на коррозию нефтепромыслового оборудования. Методы предотвращения поступления песка в скважину. Методы удаления механических примесей. | Подготовка к практическим занятиям к |
| 3      | 3                        | 9/7         | Борьба с вредным влиянием газа на работу штангового насоса. Кристаллогидраты и предупреждения образования.  | Подготовка к практическим занятиям   |
| 4      | 4                        | 9/7         | Состав и свойства АСПО. Причины и условия образования АСПО. Методы борьбы с АСПО. Основные правила транспортировки и хранения химических реагентов.   | Подготовка к практическим занятиям   |
| 5      | 5                        | 9/8         | Образование и свойства нефтяных эмульсий. Разрушение эмульсий. Сверхпроектное обводнение продукции скважин. Образование и свойства промежуточных слоев эмульсий. Разрушение и предотвращение образования промежуточных слоев эмульсии. Лабораторные исследования влияния магнитной обработки на свойства промысловых жидкостей.   | Подготовка к практическим занятиям   |
| 6      | 6                        | 9/8         | Основные причины увеличения сульфатности. Удаление и предотвращение солеотложений. Причины и условия отложений солей. Прогнозирование солеотложений. Прогнозирование отложений сульфата кальция. Меры безопасности и влияние на окружающую среду при закачке сухого активного ила. Технология микробиологического воздействия на пласт.                                     | Подготовка к практическим занятиям   |
| Итого: |                          | 52/44       |   |                                      |

5.2.3. Преподавание дисциплины/модуля ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- индивидуальная работа (практические занятия).

## 6. Тематика курсовых работ/проектов

Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены.

## 7. Контрольные работы

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены

## 8. Оценка результатов освоения дисциплины/модуля

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очно-заочной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

| № п/п                              | Виды мероприятий в рамках текущего контроля   | Количество баллов |
|------------------------------------|---|-------------------|
| 1 текущая аттестация               |   |                   |
| 1                                  | Письменный опрос в рамках 1 аттестации (по разделам 1-2)  | 0-10              |
| 2                                  | Защита практических работ «Определение гранулометрического состава механических примесей. Определение зоны выпадения парафина. Определение эффективности предлагаемых технологий использования химических реагентов.»   | 0-20              |
| ИТОГО за первую текущую аттестацию |   | 0-30              |
| 2 текущая аттестация               |   |                   |
| 1                                  | Письменный опрос в рамках 2 аттестации (по разделам 3-4)  | 0-20              |
| 2                                  | Защита практических работ «Определение необходимого объема закачки буферной жидкости последовательности закачки исходных растворов для создания высоковязкого барьера. Определение необходимого количества деэмульгатора для ввода в скважину через УДЭ. Определение необходимого количества деэмульгатора для ввода в скважину в затрубное пространство» | 0-10              |
| ИТОГО за вторую текущую аттестацию |   | 0-30              |
| 3 текущая аттестация               |   |                   |
| 1                                  | Письменный опрос в рамках 3 аттестации (по разделам 5-6)  | 0-20              |
| 2                                  | Защита практических работ «Определение и место ввода деэмульгаторов на промысле. Выбор технологии микробиологического воздействия на пласт. Оценка эффективности воздействия магнитного поля на отложения солей жесткости.»   | 0-20              |

|                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| ИТОГО за третью текущую аттестацию | 0-40         |
| <b>ВСЕГО</b>                       | <b>0-100</b> |

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- East View, Адрес ресурса: <https://dlib.eastview.com/>
- Academic Search Complete, Адрес ресурса: <http://search.ebscohost.com/>
- Нефтегаз.ру, Адрес ресурса: <https://neftegaz.ru/>
- «Геологическая библиотека» — интернет-портал специализированной литературы Адрес ресурса: <http://www.geokniga.org/maps/1296>
- Электронная библиотека «Горное дело», Адрес ресурса: <http://www.bibl.gorobr.ru/>
- «ГОРНОПРОМЫШЛЕННИК» — международный отраслевой ресурс Адрес ресурса: <http://www.gornoprom.ru/>
- MININGINTELLIGENCE&TECHNOLOGY — Информационно-аналитический портал Адрес ресурса: <http://www.infomine.com/ПолнотекстоваябазаданныхТИУ;>
- [Справочно-информационная база данных «Техэксперт»](https://cntd.ru/), Адрес ресурса <https://cntd.ru/>
- Информационно-правовой портал «Гарант.ру», Адрес ресурса <https://www.garant.ru/>.

9.3. Лицензионное и свободное распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

1. Microsoft Office Professional Plus;
2. Microsoft Windows.

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

| № п/п | Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы | Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий   | Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор) |
|-------|--|---|--|
| 1     | Эксплуатация нефтяных скважин в осложненных условиях   | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 1 шт., проектор – 1 шт., проекционный экран – 1 шт., акустическая система (колонки) — 1 шт. Комплект учебно-наглядных пособий. | 628404, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г.Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38 аудитория №213, 2 этаж   |
|       |  | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 10 шт., проектор – 1 шт., проекционный экран – 1 шт.,  | 628404, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г.Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38, аудитория №206, 2 этаж, Лаборатория   |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | <p>акустическая система (колонки) – 1 шт. Комплект учебно-наглядных пособий; прибор Сокслета-06 – 1 шт., минералогическая коллекция камней, палеонтологическая коллекция, петрографическая коллекция, коллекция пропанта, коллекция рыхлых горных осадочных пород (песка).</p>  | <p>нефтегазового дела</p>  |
|  |  | <p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 1 шт., проектор – 1 шт., проекционный экран – 1 шт., акустическая система (колонки) – 1 шт., экран ScreenMedia на штативе – 1 шт. Комплект учебно-наглядных пособий «Нефтегазопромысловое оборудование и бурение»; ареометр АБР-1 – 1 шт., вискозиметр ВБР-1 – 1 шт., прибор ВМ-6 – 1 шт., прибор Вика ИВ-2 – 1 шт., прибор СНС – 1 шт., газоанализатор Копион-1 – 1 шт., лаборатория глинистых растворов 3 – 1 шт., люксметр «ТКА-ПК» (УФ) – 1 шт., превентор с подставкой ППШР-2ФТ-152*21 – 1 шт., мобильный диагностический комплекс СИАМ-мастер 3 – 1 шт., мешалка «Мини» – 2 шт., фильтр-пресс пневматический – 1 шт., колонковая 3-х шарошечная бурголовка типа С-3 – 1 шт., долото 3-х шарошечное – 1 шт., долото лопастное – 1 шт., вертлюг – 1 шт., долото с алмазным покрытием – 1 шт., гигрометр-психометр ВИТ-2 – 2 шт., переносная лаборатория глинистых растворов ЛГР-3 – 1 шт., прибор СНС-2 – 1 шт.</p> | <p>628404,<br/>Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г.Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38аудитория №208, 2 этаж, Лаборатория нефтегазопромыслового оборудования</p>     |
|  |  | <p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная, стол лабораторный, стол лабораторный с ящиками и розетками. Компьютер в комплекте – 1 шт., проектор – 1 шт., проекционный экран – 1 шт., акустическая система (колонки) – 1 шт. Комплект учебно-наглядных пособий: стенд «Конструкция УЭЦН» – 1 шт., стенд контроля динамографов СКД-1 – 1 шт., стенд контроля уровнемеров СКУ-1 – 1 шт., стенд «Приборы для промысловых исследований» – 1 шт., стенд «Штанговый насос» – 1 шт.; установка насыщения образцов керна – 1 шт., газоволюметрический пикнометр «Поромер» – 1 шт., прибор для определения карбонатности горных пород «Кадометр» -1 шт., шкаф вытяжной с одной мойкой и смесителем – 1 комплект, установка Эпрон-2000 – 1 шт., весы НЛ-2000 – 1 шт., замковые опоры – 1 комплект, центраторы – 1 комплект, автостеп – 1 шт., кабель – 1 шт., обратный клапан – 1 шт., сливной клапан – 1 шт., НКТ – 1 шт.,</p>  | <p>628404,<br/>Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г.Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38аудитория №303, 3 этаж<br/>Лаборатория добычи нефти и исследования пластов</p> |

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
|  |  | переводники – 1 шт.   |   |
|  |  | Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 10 шт., проектор – 1 шт., проекционный экран – 1 шт., акустическая система (колонки) – 1 шт. Комплект учебно-наглядных пособий; прибор Сокслета-06 – 1 шт., минералогическая коллекция камней, палеонтологическая коллекция, петрографическая коллекция, коллекция пропанта, коллекция рыхлых горных осадочных пород (песка).  | 628404,<br>Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г.Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38, аудитория №206, 2 этаж, Лаборатория нефтегазового дела                |
|  |  | Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 1 шт., проектор – 1 шт., проекционный экран – 1 шт., акустическая система (колонки) — 1 шт. Комплект учебно-наглядных пособий.   | 628404,<br>Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г.Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38 аудитория №213, 2 этаж   |
|  |  | Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 10 шт., проектор – 1 шт., проекционный экран – 1 шт., акустическая система (колонки) – 1 шт. Комплект учебно-наглядных пособий; прибор Сокслета-06 – 1 шт., минералогическая коллекция камней, палеонтологическая коллекция, петрографическая коллекция, коллекция пропанта, коллекция рыхлых горных осадочных пород (песка).  | 628404,<br>Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г.Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38, аудитория №206, 2 этаж, Лаборатория нефтегазового дела                |
|  |  | Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 1 шт., проектор – 1 шт., проекционный экран – 1 шт., акустическая система (колонки) – 1 шт., экран ScreenMedia на штативе – 1 шт. Комплект учебно-наглядных пособий «Нефтегазопромысловое оборудование и бурение»; ареометр АБР-1 – 1 шт., вискозиметр ВБР-1 – 1 шт., прибор ВМ-6 – 1шт., прибор Вика ИВ-2 – 1шт., прибор СНС – 1шт., газоанализатор Копион-1 – 1 шт., лаборатория глинистых растворов 3 – 1 шт., люксметр «ТКА-ПК» (УФ) – 1 шт., превентор с подставкой ППШР-2ФТ-152*21 – 1 шт., мобильный диагностический комплекс СИАМ-мастер 3 – 1 шт., мешалка «Мини» – 2 шт., фильтр-пресс пневматический – 1 шт., колонковая 3-х шарошечная бурголовка типа С-3 – 1шт., долото 3-х шарошечное – 1шт., | 628404,<br>Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г.Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38 аудитория №208, 2 этаж, Лаборатория нефтегазопромыслового оборудования |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>долото лопастное – 1шт., вертлюг – 1шт.,<br/>         долото с алмазным покрытием – 1шт.,<br/>         гигрометр-психометр ВИТ-2 – 2 шт.,<br/>         переносная лаборатория глинистых растворов<br/>         ЛГР-3 – 1шт., прибор СНС-2 – 1шт.</p>  |  |
|  | <p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная, стол лабораторный, стол лабораторный с ящиками и розетками. Компьютер в комплекте – 1 шт., проектор – 1 шт., проекционный экран – 1 шт., акустическая система (колонки) – 1 шт. Комплект учебно-наглядных пособий: стенд «Конструкция УЭЦН» – 1 шт., стенд контроля динамографов СКД-1 – 1 шт., стенд контроля уровнемеров СКУ-1 – 1 шт., стенд «Приборы для промысловых исследований» – 1 шт., стенд «Штанговый насос» – 1 шт.; установка насыщения образцов керна – 1 шт., газоволюметрический пикнометр «Поромер» – 1 шт., прибор для определения карбонатности горных пород «Кадометр» -1 шт., шкаф вытяжной с одной мойкой и смесителем – 1 комплект, установка Эпрон-2000 – 1 шт., весы НЛ-2000 – 1 шт., замковые опоры – 1 комплект, центраторы – 1 комплект, автостеп – 1 шт., кабель – 1 шт., обратный клапан – 1 шт., сливной клапан – 1 шт., НКТ – 1 шт., переводники – 1 шт.</p> | <p>628404,<br/>         Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г.Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38аудитория №303, 3 этаж<br/>         Лаборатория добычи нефти и исследования пластов</p> |
|  | <p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 5 шт.</p>  | <p>628404,<br/>         Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г.Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38аудитория №410, 4 этаж</p>  |
|  | <p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду. Учебная мебель: столы, стулья, компьютер в комплекте – 3 шт.</p>  | <p>628404,<br/>         Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г.Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38 аудитория №301, 3 этаж</p>   |

## 11. Методические указания

### 11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

На практических занятиях обучающиеся изучают методику и выполняют типовые расчеты. Для эффективной работы обучающиеся должны иметь инженерные калькуляторы и соответствующие канцелярские принадлежности. В процессе подготовки к практическим занятиям обучающиеся могут прибегать к консультациям преподавателя. Наличие конспекта лекций на практическом занятии обязательно!

Задания на выполнение типовых расчетов на практических занятиях обучающиеся получают индивидуально. Порядок выполнения типовых расчетов изложены в следующих методических указаниях:

## 1 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ВНУТРИСКВАЖИННОГО НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Расчет основных технологических параметров работы ШСНУ*

Формула производительности по элементарной теории:

$$Q_{\phi} = 1440 \cdot F \cdot n \cdot \left[ S_A - (\lambda_{шт} + \lambda_{тр}) + \frac{225 \cdot L^2 \cdot n^2 \cdot S_A}{10^{12}} \right], \quad (1.1)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения плунжера,  $n$  – число двойных ходов в мин;  $S_A$  – длина хода точки подвеса штанг;  $\lambda_{шт}$ ,  $\lambda_{тр}$  – удлинение насосных штанг и труб от веса столба жидкости:

$$\lambda_{шт} + \lambda_{тр} = \frac{P_{ж} \cdot L}{E} \cdot \sum \left[ \frac{1}{f_{iшт}} + \frac{1}{f_{iтр}} \right], \quad (1.2)$$

где  $P_{ж} = h_d \cdot \rho_{ж} \cdot F \cdot g$  – вес столба жидкости над плунжером;  $L$  – глубина подвески насоса;  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup> – модуль упругости стали.

Последний член формулы (1.2) учитывает увеличение длины хода плунжера за счет инерционных сил -  $\delta_{и}$ :

$$\delta_{и} = \frac{P_{ж} \cdot L}{E \cdot f_{шт}} = \frac{\omega^2 \cdot r \cdot m \cdot L}{E \cdot f_{шт}} = \frac{\pi^2 \cdot n^2 \cdot S_A \cdot L \cdot \rho \cdot L}{30^2 \cdot 2 \cdot 2.06 \cdot 10^{12}} =$$

$$\frac{3,1416^2 \cdot 7850 \cdot n^2 \cdot L^2 \cdot S_A}{90 \cdot 4.12 \cdot 10^{12}} = \frac{209 \cdot n^2 \cdot L^2 \cdot S_A}{10^{12}}.$$

Учитывая массу муфт штанг:

$$\delta_{и} = \frac{225 \cdot n^2 \cdot L^2 \cdot S_A}{10^{12}}$$

Производительность по элементарной теории (А.Н. Адонина):

$$Q_{\phi} = 1440 \cdot F \cdot n \cdot \left[ S_A \cdot \left( 1 + m \frac{\mu^2}{2} \right) - (\lambda_{шт} + \lambda_{тр}) \right], \quad (1.3)$$

где  $\mu = \frac{\omega \cdot L}{a}$  параметр Коши;  $a$  – скорость звука в колонне штанг;  $m$  – коэффициент, учитывающий влияние инерции столба жидкости.

- Для  $D_{пл} < 43$  мм,  $m = 1,0$ ;
- $D_{пл} = 55$  мм,  $m = 1,5$ ;
- $D_{пл} = 68-70$  мм,  $m = 2,0$ ;
- $D_{пл} = 82$  мм,  $m = 4,0$ ;
- $D_{пл} = 93$  мм,  $m = 3,0$ ;
- $D_{пл} = 120$  мм,  $m = 4,0$ .

Формула производительности А.С. Вирновского:

$$Q_{\phi} = 1440 \cdot F \cdot n \cdot \left[ \frac{S_A}{\cos \mu} - (\lambda_{шт} + \lambda_{тр}) \right], \quad (1.4)$$

где член  $\frac{S_A}{\cos \mu}$ , выражающий перемещение плунжера при отсутствии статистических удлинений  $\lambda_{шт}$  и  $\lambda_{тр}$ , получен для вынужденных колебаний «свободной» штанги, т.е. штанги без плунжера, при гармоническом законе движения балансира. Отсюда следует, что формула (1.4) применима лишь для насосов малого диаметра ( $D < 43$  мм и  $\mu < 0,785$ ).

Формула (1.4) приемлема для всех диаметров плунжера при  $\mu < 0,55$ . При больших значениях  $\mu$ , она дает погрешность около 9%.

При откачке высоковязкой жидкости или при больших скоростях откачки жидкости обычной вязкости большое значение приобретают силы гидродинамического трения. Они возникают при движении штанг в жидкости, жидкости в трубах, а также в клапанах насоса. Для этих условий соответствующую формулу получил А.С. Вирновский:

$$Q_{\phi} = 1440 \cdot F \cdot n \cdot \left[ \frac{S_A}{(\cos^2 \mu + \text{sh}^2 \beta)^{1/2}} - (\lambda_{шт} + \lambda_{тр}) \right], \quad (1.5)$$

где

$$\beta = \frac{h \cdot L}{a};$$

$h$  – константа трения,  $c^{-1}$  ( $h=0,2 - 1,0 c^{-1}$ );  $\text{sh} \beta$  – гиперболический синус:

$$\text{sh} \beta = \frac{e^{\beta} - e^{-\beta}}{2}$$

При ( $\beta = 0$  из формулы (1.5) получается формула (1.4).

В случае наличия силы сопротивления, вызванной сопротивлением потоку жидкости в нагнетательном клапане и трением плунжера о цилиндр, в формулах (1.1) – (1.5) необходимо  $\lambda_{тр} + \lambda_{шт}$  заменить на

$$\lambda = \lambda_{тр} + \lambda_{шт} + \lambda_{сж} + \lambda_{из} \quad (1.6)$$

При двухступенчатой колонне штанг с учетом сопротивления движению штанг в вязкой жидкости:

$$Q_{\phi} = 1440 \cdot F \cdot n \cdot S_{пл}, \quad (1.7)$$

где  $S_{пл}$  определяется по следующей зависимости.

$$S_{пл} = S_A \cdot [\cos \mu_1 + \text{sh}^2 \beta_1] \cdot (\cos^2 \mu_2 + \text{sh}^2 \beta_2) - 0,5 \cdot (f_{ш2} / f_{ш1}) \cdot (\sin 2\mu_1 + \text{sh}^2 \beta_1) \cdot (\sin^2 \mu_2 + \text{sh}^2 \beta_2)^{-0,5-\lambda} \quad (1.8)$$

Теоретическая производительность глубинно-насосной установки определяется по формуле:

$$Q_{\phi} = 1440 \cdot F \cdot n \cdot S_A, \quad (1.9)$$

Коэффициент подачи ШГНУ:

$$\eta = \frac{Q_{\phi}}{Q_T}; \quad (1.10)$$

Определяя  $Q_{\phi}$  по формуле (1.1), получим:

$$\eta = 1 - \frac{P_{ж} \cdot L}{S_A \cdot E} \cdot \sum \left[ \frac{1}{f_{i \text{шт}}} + \frac{1}{f_{i \text{тр}}} \right] + \frac{225 \cdot n^2 \cdot L^2}{10^{12}}, \quad (1.11)$$

$$\eta = 1 - \eta_1 + \eta_2.$$

Для облегчения расчетов можно пользоваться специальными номограммами (например номограммой Иванова) По этой номограмме можно ориентировочно найти любой из пяти параметров работы ШГНУ ( $Q, D, S, n, \eta$ ) при четырех известных других.

Таблица 1.1 – Исходные данные для расчета по вариантам

| Параметр   | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 | Вариант 4 | Вариант 5  |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| глубина скважины, м                              | 2900      | 2860      | 3100      | 1400      | 1300       |
| глубина спуска насоса, м                         | 1230      | 1457      | 1645      | 567       | 376        |
| диаметр насоса ,мм                               | 32        | 28        | 44        | 44        | 44         |
| диаметр штанг $d_{шт} = 19$ мм; $d_{мп} = 60$ мм |           |           |           |           |            |
| длина хода точки подвеса штанг, м                | 2         | 2,1       | 2,3       | 1,8       | 1,6        |
| плотность нефти, кг/м <sup>3</sup>               | 811       | 877       | 856       | 878       | 850        |
| число качаний, мин. <sup>-1</sup>                | 5         | 7         | 9         | 10        | 8          |
| забойное давление, МПа                           | 27        | 26        | 27        | 10        | 9,6        |
| Обводненность                                    | 40%       |           |           |           |            |
| Параметр   | Вариант 6 | Вариант 7 | Вариант 8 | Вариант 9 | Вариант 10 |
| глубина кровли пласта, м                         | 1280      | 1327      | 1478      | 1350      | 1380       |
| диаметр насоса ,мм                               | 28        | 28        | 44        | 32        | 44         |
| диаметр штанг $d_{шт} = 19$ мм; $d_{мп} = 60$ мм |           |           |           |           |            |
| длина хода точки подвеса штанг, м                | 1,8       | 1,7       | 2,1       | 2         | 2          |
| число качаний, мин. <sup>-1</sup>                | 7         | 7         | 8         | 8         | 8          |
| забойное давление, МПа                           | 10        | 10,3      | 11,6      | 10        | 10,4       |
| Обводненность, %                                 | 65        | 43        | 66        | 52        | 47         |

## 2 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЫВКИ СКВАЖИН ОТ ПЕСЧАНЫХ ПРОБОК

Необходимо произвести гидравлический расчет промывки от песчаной пробки скважины. Максимальный размер песчинок, составляющих пробку – 1 мм

Определить: давление на выкиде насоса; давление на забое скважины; необходимую мощность двигателя; время на промывку скважины для удаления пробки и разрушающее действие струи при промывке. Исходные данные представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Исходные данные

| Исходные данные                      | Варианты          |               |               |               |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|--------------------------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                      | 1                 | 2             | 3             | 4             | 5                 | 6                 | 7                 | 8                 | 9                 | 10                |
| Глубина скважины Н, м                | 2547              | 2000          | 2300          | 2600          | 2550              | 2750              | 2100              | 2500              | 2770              | 2548              |
| Диаметр эксплуатационной колонны, мм | 139               | 139           | 139           | 139           | 139               | 146               | 146               | 146               | 146               | 146               |
| Диаметр НКТ, мм                      | 73                | 73            | 73            | 73            | 73                | 73                | 73                | 73                | 73                | 73                |
| Глубина фильтра скважины, м          | 2547<br>-<br>2537 | 2000-<br>1990 | 2300-<br>2290 | 2600-<br>1590 | 2550<br>-<br>2540 | 2750<br>-<br>2740 | 2100<br>-<br>2090 | 2500<br>-<br>2490 | 2770<br>-<br>2760 | 2548<br>-<br>2538 |
| Уровень песчаной пробки, м           | 2347              | 1800          | 200           | 2300          | 2250              | 2450              | 1800              | 2200              | 2400              | 2248              |

### Методические рекомендации по решению

#### Прямая промывка раствором удельного веса 1020 кг\м<sup>3</sup>:

1. Определяем потери напора на гидравлические сопротивления при движении жидкости в промывочных трубах диаметром 73 мм по формуле:

$$h = \lambda \frac{H}{d_B} \frac{g_n^2}{2g} \text{ м}, \quad (2.1)$$

где  $\lambda$  - коэффициент трения при движении воды в трубах, для 73 мм трубы коэффициент трения составляет 0,035;

$d_B$  - внутренний диаметр промывочных труб, м;

$g_n$  - скорость нисходящего потока жидкости, м\с, определяется по графику (раздаточный материал) путем интерполирования.

Подставив численные значения величин, входящих в формулу 1, находим потери напора  $h_1$  при работе установки на 1, 2, 3 и 4 скоростях.

2. Определяем потери напора на гидравлические сопротивления при движении смеси жидкости с песком в затрубном пространстве скважины по формуле:

$$h_2 = \varphi \lambda \frac{H}{D_B - d_n} \cdot \frac{g_B^2}{2g} \text{ м}, \quad (2.2)$$

где  $\varphi$  - коэффициент, учитывающий повышение гидравлических потерь напора в результате содержания песка в жидкости, колеблется в пределах 1,1-1,2, принимаем 1,2;

$\lambda$  - коэффициент трения при движении воды в затрубном пространстве, определяется по разности диаметров 139-мм и 73-мм труб:  $126 - 73 = 53 \text{ мм} \Rightarrow \lambda$  составляет 0,037;

$d_n$  - наружный диаметр промывочных труб;

$g_B$  - скорость восходящего потока жидкости в затрубном пространстве, м\с, определяем по графику (раздаточный материал)).

Подставляя численные значения величин, входящих в формулу 2, получим потери напора  $h_2$  при движении жидкости с песком в затрубном пространстве. Расчет ведется для 4 скоростей.

3. Определяем потери напора на уравнивание столбов жидкости разной плотности в промывочных трубах и в затрубном пространстве по формуле К.А. Апрезова:

$$h_3 = \frac{(1-m)F\ell}{f} \left[ \frac{\rho_n}{\rho_{жс}} \left( 1 - \frac{g_{кр}}{g_B} \right) - 1 \right], \text{ м} \quad (2.3)$$

где  $m$  - пористость песчаной пробки, принимаем равной 0,3;

$F$  - площадь проходного сечения 146-мм эксплуатационной колонны, равна 148 см<sup>2</sup>;

$\ell$  - высота пробки промытой за один прием (длина двухтрубки равна 14 м);

$f$  - площадь поперечного сечения кольцевого пространства между 139-мм и 73-мм трубами, равна 82 см<sup>2</sup>;

$\rho_n$  - плотность зерен песка, принимаем 2600 кг\м<sup>3</sup>;

$\rho_{жс}$  - плотность промывочной жидкости;

$g_{кр}$  - скорость свободного падения песчинок в воде для песчинок размером 1 мм равна 9,5 см\с;

$g_B$  - скорость восходящего потока жидкости, см\с

Подставляя численные значения величин, входящих в формулу 3, находим потери напора  $h_3$  при работе установки для 4 скоростей:

4. Определяем потери напора на гидравлические сопротивления в шланге и вертлюге при движении раствора.

Потери напора, возникающие в шланге  $h_4$  и вертлюге  $h_5$ , составляют в сумме при работе:

На 1 скорости ( $h_4 + h_5$ ), м

На 2 скорости ( $h_4 + h_5$ ), м

На 3 скорости ( $h_4 + h_5$ ), м

На 4 скорости ( $h_4 + h_5$ ), м

5. Находим потери напора  $h_6$  на гидравлические сопротивления в 73-мм нагнетательной линии от насоса агрегата до шланга. Принимаем длину этой линии  $\ell = 40$  м. Тогда по формуле 1 находим потери напора для 4 скоростей:

6. Определяем давление на выкиде насоса:

$$P_n = \frac{1}{10^6} \rho_{ж} \cdot g(h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6), \text{ МПа} \quad (2.4)$$

Подставляя в формулу 4 полученные значения потерь, будем иметь суммарные потери при работе насосной установки. Расчет ведется для 4 скоростей:

7. Определяем давление на забое скважины при работе установки по формуле:

$$P_{зоб} = \frac{1}{10^6} \cdot \rho_{ж} \cdot g(H + h_2 + h_{34}), \text{ МПа} \quad (2.5)$$

где  $H$  - глубина скважины, м

Подставляя данные в формулу 5, получим давление на забое скважины для 4 скоростей:

8. Определяем мощность, необходимую для промывки скважины от песчаной пробки по формуле:

$$N = \frac{P_n Q}{10^3 \eta}, \text{ кВт} \quad (2.6)$$

где  $\eta$  - общий механический КПД насосной установки, принимаем равным 0,8.

Подставляя в формулу 6 полученные данные, будем иметь необходимую мощность для 4 скоростей.

Насосная установка УН1Т-100х200 имеет номинальную полезную мощность 83 кВт. Сравниваем рассчитанные мощности с номинальной полезной, дальнейший расчет ведем для выбранных скоростей.

9. Определим коэффициент использования максимальной мощности насосной установки по формуле:

$$K = \frac{N}{N_{\max}} 100, \% \quad (2.7)$$

Подставляя данные в формулу 7, получим  $K$  установки для выбранных скоростей.

10. Определим скорость подъема размытого песка, который находится как разность скоростей по формуле:

$$g_n = g_B - g_{кр}, \text{ м\c} \quad (2.8)$$

Подставляя фактические данные в формулу 8, получим значения выбранных скоростей подъема:

11. Определяем продолжительность подъема размытой пробки после промывки скважины на длину колена до появления чистой воды по формуле:

$$t = \frac{H}{g_n}, \text{ сек} \quad (2.9)$$

Подставляя данные в формулу 9, получим необходимую продолжительность подъема песка для выбранных скоростей:

12. Определяем размывающую силу жидкости по формуле:

$$P = 2 \cdot 10^2 \frac{Q^2}{f \cdot F}, \text{ кПа} \quad (2.10)$$

где  $Q$  - подача агрегата,  $\text{дм}^3/\text{с}$ ;

$f$  - площадь поперечного сечения струи жидкости, нагнетаемой в скважину, то есть площадь поперечного сечения промывочных труб –  $30,19 \text{ см}^2$ ;

$F$  - площадь проходного сечения эксплуатационной колонны -  $184 \text{ см}^2$

Подставляя эти данные в формулу 10, получим значения  $P$  для выбранных скоростей.

Вопросы для самоконтроля:

1. По какой причине откладывается песчаная пробка в скважине?
2. Перечислить способы удаления песчаной пробки.
3. Какие способы промывки песчаной пробки существуют?

### 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ СПУСКА УЭЦН В СКВАЖИНУ

Глубина спуска электроцентробежного насоса в скважину определяется по кривым изменения давления в стволе скважины.

Расчёт распределения давления в стволе скважины производим по методу Поэтмана-Карпентера «снизу-вверх».

Таблица 3.1 – Исходные данные

| Параметр   | Обозначение   | Значение |
|--|---------------|----------|
| Глубина скважины, м  | $L_c$         | 2492     |
| Внутренний диаметр эксплуатационной колонны, мм                        | $D_{эк}$      | 132      |
| Пластовое давление, МПа  | $P_{пл}$      | 12,9     |
| Забойное давление, МПа   | $P_{заб}$     | 11,3     |
| Коэффициент продуктивности, $\text{м}^3/(\text{сут} \cdot \text{Мпа})$ | $k$           | 44,1     |
| Планируемый дебит жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$                      | $Q_{жд}$      | 0,000810 |
| Объёмная обводнённость продукции, доли ед.                             | $\beta_v$     | 0,98     |
| Плотность дегазированной нефти, $\text{кг}/\text{м}^3$                 | $\rho_{нд}$   | 805      |
| Плотность пластовой воды, $\text{кг}/\text{м}^3$                       | $\rho_v$      | 1190     |
| Плотность газа (при ст. усл.), $\text{кг}/\text{м}^3$                  | $\rho_{г ст}$ | 1,05     |
| Вязкость воды, Па·с  | $\mu_v$       | 0,00095  |
| Вязкость дегазированной нефти, Па·с                                    | $\mu_{нд}$    | 0,03500  |

|   |             |         |
|---|-------------|---------|
| Вязкость нефти в пластовых условиях, Па·с       | $\mu_{пл}$  | 0,00230 |
| Газовый фактор, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>  | $\Gamma_0$  | 52      |
| Давление насыщения нефти, МПа                   | $P_{нас}$   | 9,22    |
| Устьевое давление, МПа                          | $P_y$       | 1,0     |
| Пластовая температура, °С                       | $t_{пл}$    | 35,0    |
| Относительная плотность газа, кг/м <sup>3</sup> | $\rho_{го}$ | 1,050   |
| Динамическая вязкость жидкости, Па·с            | $\mu_{жд}$  | 0,00110 |
| Плотность жидкости, кг/м <sup>3</sup>           | $\rho_{ж}$  | 1182,3  |
| Диаметр НКТ, м                                  | $d_{НКТ}$   | 0,0503  |

Глубина спуска электроцентробежного насоса в скважину определяется по кривым изменения давления в стволе скважины.

Расчёт распределения давления в стволе скважины производим по методу Поэтмана-Карпентера «снизу-вверх».

Определяем величину шага изменения давления

$$\Delta P = \frac{P_{заб}}{12}, \text{ МПа}, \quad (31)$$

где  $P_{заб}$  - забойное давление, МПа.

Находим давления в стволе скважины

$$P_i = P_{заб} - \sum \Delta P_i, \text{ МПа}. \quad (32)$$

Рассчитываем температурный градиент потока

$$\omega_{п} = \frac{(0,0034 + 0,79 \cdot \frac{(T_{пл} - 273)}{L_c})}{10^{\frac{Q_{жд}}{20 \cdot D_T^{2,69}}}}, \text{ К/м}, \quad (33)$$

где  $T_{пл}$  - температура в пласте, К;

$L_c$  - глубина скважины, м;

$Q_{жд}$  - дебит дегазированной жидкости, м<sup>3</sup>/с;

$D_T$  - внутренний диаметр трубы, м.

Определяем температуру на устье скважины

$$T_y = T_{пл} - \omega_{п} \cdot L_c, \text{ К}. \quad (34)$$

Вычисляем температуру потока, соответствующую заданным давлениям

$$T_i = T_y + \frac{(T_{пл} - T_y) \cdot (P_i - P_y)}{(P_{заб} - P_y)}, \text{ К}, \quad (35)$$

где  $P_y$  - устьевое давление, МПа.

Рассчитываем приведённые давление и температуру

$$P_{при} = \frac{P_i}{10^5 \cdot (46,9 - 2,06 \cdot \rho_{го}^2)}, \quad (36)$$

$$T_{при} = \frac{T_i}{(97 + 172 \cdot \rho_{го}^2)}, \quad (37)$$

где  $\rho_{го}$  – относительная плотность газа по воздуху.

Определяем коэффициент сжимаемости газа

$$z_{y_i} = 1 - 0,23 \cdot P_{при} - (1,88 - 1,6 \cdot T_{при}) \cdot P_{при}^2. \quad (3.8)$$

Находим коэффициенты, зависящие от давления и температуры

$$R(P_i) = \frac{1 + \lg P_i}{1 + \lg P_{нас}} - 1, \quad (3.9)$$

$$m(T_i) = 1 + 0,029 \cdot (T_i - 293) \cdot (\rho_{нд} \cdot \rho_{го} \cdot 10^{-3} - 0,7966), \quad (3.10)$$

$$D(T_i) = 10^{-3} \cdot \rho_{нд} \cdot \rho_{го} \cdot [4,5 - 0,00305 \cdot (T_i - 293)] - 4,785, \quad (3.11)$$

где  $P_{нас}$  - давление насыщения нефти газом, МПа;

$\rho_{нд}$  - плотность дегазированной нефти, кг/м<sup>3</sup>.

Определяем удельный объём выделившегося газа

$$V_{гви} = \Gamma_0 \cdot R(P_i) \cdot m(T_i) \cdot [D(T_i) \cdot (1 + R(P_i)) - 1], \quad \text{м}^3/\text{м}^3, \quad (3.12)$$

где  $\Gamma_0$  - газовый фактор при нормальных условиях, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Рассчитываем удельный объём растворённого газа

$$V_{при} = \Gamma_0 \cdot m(T_i) - V_{гви}, \quad \text{м}^3/\text{м}^3. \quad (3.13)$$

Находим коэффициенты

$$a_i = 1 + 0,0054 \cdot (T_i - 293), \quad (3.14)$$

$$u = 10^{-3} \cdot \rho_{нд} \cdot \Gamma_0 - 186. \quad (3.15)$$

Рассчитываем относительную плотность выделившегося газа

$$\rho_{гви} = a_i \cdot [\rho_{го} - 0,0036 \cdot (1 + R(P_i)) \cdot (105,7 + u \cdot R(P_i))]. \quad (3.16)$$

Находим относительную плотность растворённого газа

$$\rho_{при} = \Gamma_0 \cdot [a_i \cdot m(T_i) \cdot \rho_{го} - \rho_{гви} \cdot V_{гви} / \Gamma_0] / V_{при}. \quad (3.17)$$

Вычисляем удельное приращение объёма нефти

$$\lambda(T_i) = 10^{-3} \cdot [4,3 - 3,54 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{нд} + 1,0337 \cdot \rho_{при} / a_i + 5,581 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{нд} \cdot (1 - 1,61 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{нд} \cdot V_{при}) \cdot V_{при}]. \quad (3.18)$$

Рассчитываем температурный коэффициент объёмного расширения дегазированной нефти:

$$\alpha = 10^{-3} \cdot (3,083 - 2,638 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{нд}). \quad (3.19)$$

Определяем объёмный коэффициент

$$b_{ni} = 1 + 1,0733 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{нд} \cdot V_{гри} \cdot \lambda(T_i) / m(T_i) + \alpha \cdot (T_i - 293) - 6,5 \cdot 10^{-4} \cdot P_i \quad (3.20)$$

Находим удельный объём газожидкостной смеси

$$V_{смi} = b_{ni} + \frac{V_{гвi} \cdot z_{yi} \cdot P_0 \cdot T_i}{P_i \cdot T_0} + \frac{\beta_B}{(1 - \beta_B)}, \quad \text{м}^3/\text{м}^3, \quad (3.21)$$

где  $P_0=0,1$  МПа - атмосферное давление;

$T_0=273$  К - температура при нормальном условии;

$\beta_B$  - объёмная обводнённость продукции, доли ед.

Вычисляем удельную массу смеси

$$M_{см} = \rho_{нд} + \rho_{го} \cdot \Gamma_0 + \rho_B \cdot \frac{\beta_B}{(1 - \beta_B)}, \quad \text{кг}/\text{м}^3, \quad (3.22)$$

где  $\rho_B$  - плотность пластовой воды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Рассчитываем идеальную плотность газожидкостной смеси

$$\rho_{смi} = \frac{M_{см}}{V_{смi}}, \quad \text{кг}/\text{м}^3. \quad (3.23)$$

Определяем корреляционный коэффициент необратимых потерь давления

$$f_i = 10^{19,66 \{1 + \lg[0,99 \cdot 10^{-5} \cdot Q_{жд} \cdot 86400 \cdot (1 - \beta_g) \cdot M_{см} / D_m]\}^{-0,25} - 17,713} \quad (3.24)$$

Находим полный градиент давления в точках с заданными давлениями

$$\frac{dP_i}{dH_i} = \rho_{смi} \cdot g \cdot 10^{-6} + [f_i \cdot Q_{жд}^2 \cdot (1 - \beta_B)^2 \cdot M_T^2] / (2,3024 \cdot 10^{15} \cdot \rho_{смi} \cdot D_T^5) \quad (3.25)$$

где  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup> - ускорение свободного падения.

Вычисляем  $\frac{dH_i}{dP_i}$  и рассчитываем длину участков колонны

$$H_i = \Delta P \cdot \left\{ \left[ \left( \frac{dH}{dP} \right)_y + \left( \frac{dH}{dP} \right)_y \right] / 2 + \left( \frac{dH}{dP} \right)_1 + \dots + \left( \frac{dH}{dP} \right)_{i-1} \right\}, \text{м}. \quad (3.36)$$

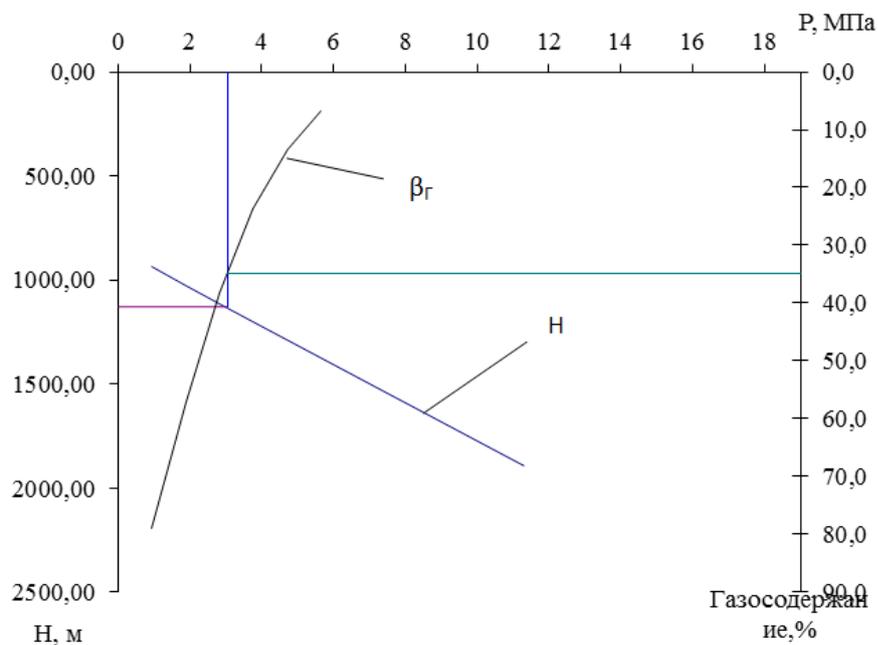


Рисунок 3.1 – Распределение давления и содержание свободного газа в стволе скважины № 494

Основным критерием для выбора глубины погружения насоса является газосодержание на его приеме. Наиболее оптимальное значение свободного газосодержания следует считать 30 - 40 %. Поэтому на кривой изменения давления находим участок с газосодержанием равным 35%, и выбираем соответствующее данному газосодержанию значение глубины спуска насоса. В данном расчете глубина спуска составила 1290 м. Данной глубине спуска давление на приеме насоса соответствует 1,30 МПа.

При выполнении проверочных расчетов следует учесть сепарацию газа у приема ЭЦН. Величина коэффициента сепарации определяется как

$$\delta = \frac{1}{1 + 0,6 \frac{Q_{\text{Ж.СТ.}}}{W_0 \pi/4 (D_{\text{ЭК}}^2 - D_{\text{ПЭД}}^2)}} = \frac{1}{1 + 0,6 \frac{0,00081}{0,17 \pi/4 (0,132^2 - 0,103^2)}} = 0,65 \quad (3.27)$$

где  $W_0$  - относительная скорость всплытия газовых пузырьков в жидкости, м/с;  $F_3$  - площадь сечения затрубного пространства между обсадной колонной и погружным электродвигателем, м<sup>2</sup>.

В случае сепарации части свободного газа в затрубное пространство газовый фактор внутри НКТ оказывается меньшим, чем газовый фактор пластовой нефти, и определяется по формуле

$$G_{\text{оФАКТ}} = G_0 - (G_0 - V_{\text{ГВ}}(P_{\text{ПР}}))\delta = 52 - (52 - 20)0,65 = 31, \text{ м}^3/\text{м}^3. \quad (3.28)$$

Новое значение давления насыщения  $P_{\text{нас}}$ , соответствующее газовому фактору внутри НКТ, находят из условия

$$P'_{\text{нас}} = P_{\text{нас}}(1 - \delta_s(1 - P_{\text{ПР}}/P_{\text{нас}})) = 9,22(1 - 0,65(1 - 3,57/9,22)) = 5,19, \text{ МПа}. \quad (3.29)$$

Для согласования характеристики насоса и скважины, и обеспечения нормы отбора жидкости из скважины с выбранной глубины спуска насоса строится напорная характеристика скважины  $Q=f(H_{\text{СКВ}})$

$$H_{\text{СКВ}} = H_{\text{ДИН}} + \frac{P_y}{\rho_{\text{СР}} \cdot g} + h_{\text{ТР}} \quad H_{\Gamma}, \text{ м}, \quad (3.30)$$

где  $H_{\text{СКВ}}$ - глубина динамического уровня скважины при отборе заданного количества жидкости, м;

$P_y/(\rho g)$ - устьевое давление, выраженное в метрах столба жидкости, при средней плотности газожидкостной смеси на участке насос-устье скважины;

$h_{\text{ТР}}$ - потери напора на трение, м.

При отсутствии данных динамический уровень вычисляется

$$H_{\text{ДИН}} = L_{\text{С}} - \frac{P_{\text{ПЛ}} - Q_{\text{Ж}} / K}{\rho_{\text{ВН}} \cdot g}, \text{ м}, \quad (3.31)$$

где  $\rho_{\text{ВН}}$ - плотность водонефтяной смеси на выходе из насоса,  $\text{кг/м}^3$ .

Потери напора на гидравлическое трение в НКТ ориентировочно определяется как для однородной ньютоновской жидкости:

$$h_{\text{ТР}} = \lambda \cdot \frac{H_{\text{СП}} \cdot \omega^2}{2 \cdot g \cdot D_{\text{НКТ}}}, \text{ м}, \quad (3.32)$$

где  $H_{\text{СП}}$ - глубина спуска насоса, м;

$\lambda$ - коэффициент гидравлических сопротивлений;

$\omega$ - линейная скорость потока,  $\text{м/с}^2$ ,

$$\omega = \frac{4 \cdot Q_{\text{Ж}}}{86400 \cdot \pi \cdot D_{\text{НКТ}}}. \quad (3.33)$$

#### 4 РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО СТВОЛУ СКВАЖИНЫ

Исходные данные:

Скважина вертикальная.

$H_{\text{КП}}$  – глубина кровли пласта  $H_{\text{КП}} = 1184$  м

$T_{\text{ПЛ}}$  – пластовая температура  $T_{\text{ПЛ}} = 14$  °С

$d_{\text{ВН}}$  – внутренний диаметр лифта НКТ (подъемник спущен до кровли продуктивного горизонта)  $d_{\text{ВН}} = 0,073$  м

$Q_{\text{М}}$  – массовый дебит жидкости  $Q_{\text{М}} = 45$  т/сут

$B$  – обводненность пласта  $B = 2,3$  %

$\rho_{\text{Н}}$  плотность нефти  $\rho_{\text{Н}} = 799$   $\text{кг/м}^3$

$h$  – шаг проходки  $h = 200$  м

1. Определяем распределение температуры по зависимости

$$t_f(h) = t_{\text{ПЛ}} * \frac{1 - S_t * h}{d * \cos \alpha} \quad (4.1)$$

Зависимость критерия Статона от массового дебита скважины можно записать в следующем виде:

$$S_t = \frac{1,763 \cdot 10^{-4}}{\ln(Q_{\text{М}} + 40)} - 0,202 \cdot 10^{-4} \quad (4.2)$$

$$S_t = \frac{1,763 \cdot 10^{-4}}{\ln(45 + 40)} - 0,202 \cdot 10^{-4} = 0,195 \cdot 10^{-4}$$

2. Из литературы И.Т. Мищенко «Расчет добычи нефти» выбираем по графику зависимость критерия Статона от массового дебита скважин

$S_t = 0,195 \cdot 10^{-4}$ , для  $h=200$  м

$$T_h = T_{пл} \cdot \left( 1 - S_t \cdot \frac{h}{d_{вн}} \right) \quad (4.3)$$

Где:

$S_t$  – критерий Статона;

$T_{пл}$  – пластовая температура, °С

$d_{вн}$  – внутренний диаметр лифта НКТ, м

$h$  – шаг проходки, м

3. Вычисляем распределение температуры через каждые 200 м проходки ( $T_{200}$  – температура на расстоянии 200м от забоя)

$$T_{200} = 14 \cdot \left( 1 - 0,195 \cdot 10^{-4} \frac{200}{0,073} \right) = 13,2^{\circ} C$$

$$T_{400} = 14 \cdot \left( 1 - 0,195 \cdot 10^{-4} \frac{400}{0,073} \right) = 12,5^{\circ} C$$

$$T_{600} = 14 \cdot \left( 1 - 0,195 \cdot 10^{-4} \frac{600}{0,073} \right) = 11,5^{\circ} C$$

$$T_{800} = 14 \cdot \left( 1 - 0,195 \cdot 10^{-4} \frac{800}{0,073} \right) = 11^{\circ} C$$

$$T_{1000} = 14 \cdot \left( 1 - 0,195 \cdot 10^{-4} \frac{1000}{0,073} \right) = 10,2^{\circ} C$$

3. Рассчитываем геотермический градиент для следующих условий:

$T_{пл}=287$  К

$H_{кп}=1184$  м

$T_{нс}=273$  К

$H_{нс}=40$  м  $\alpha=0^{\circ}$

где  $T_{нс}$  - температура нейтрального слоя

$H_{нс}$  – глубина нейтрального слоя.

$$\omega = \frac{T_{пл} - T_{нс}}{(H_{кп} - H_{нс}) \cdot \cos \alpha} \quad (4.4)$$

$$\omega = \frac{287 - 273}{(1184 - 40)} = 0,0122 \text{ градус/ м}$$

Вывод: по данным фонд скважин подвержен осложнениям связанным с налипанием парафина на внутренние стенки НКТ (так температура кристаллизации парафина около  $50^{\circ}C$ )

Таблица 4.1 – Исходные данные по вариантам

| Параметр  | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 | Вариант 4 | Вариант 5  |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| глубина кровли пласта, м  | 2900      | 2860      | 3100      | 1400      | 1300       |
| пластовая температура, °С   | 87        | 89        | 102       | 39        | 37         |
| внутренний диаметр лифта НКТ (подъемник спущен до кровли продуктивного горизонта), мм | 73        | 72        | 89        | 114       | 73         |
| массовый дебит жидкости, т/сут  | 56        | 76        | 183       | 483       | 41         |
| обводненность, %  | 77        | 45        | 61        | 42        | 32         |
| плотность нефти, кг/м <sup>3</sup>  | 811       | 877       | 856       | 878       | 850        |
| шаг проходки  | 100       | 300       | 300       | 100       | 100        |
| Параметр  | Вариант 6 | Вариант 7 | Вариант 8 | Вариант 9 | Вариант 10 |
| глубина кровли пласта, м  | 1280      | 1327      | 1478      | 1350      | 1380       |
| пластовая температура, °С   | 33        | 30        | 44        | 39        | 37         |
| внутренний диаметр лифта НКТ (подъемник спущен до кровли продуктивного горизонта), мм | 73        | 72        | 73        | 73        | 73         |
| массовый дебит жидкости, т/сут  | 16        | 51        | 84        | 43        | 47         |
| обводненность, %  | 70        | 40        | 30        | 28        | 6          |
| плотность нефти, кг/м <sup>3</sup>  | 881       | 887       | 886       | 871       | 870        |
| шаг проходки  | 100       | 100       | 100       | 100       | 100        |

## 5 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛИМЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ

Определить время закачивания полимерного раствора в пласт для создания в нем необходимого размера оторочки и время прохождения фронта вытеснения через пласт.

Ширина пласта  $b$ , мощность  $h$ , расстоянием между нагнетательной и добывающей галереями  $l$ , концентрация ПАА  $c=0,05$ ; скорость закачки полимерного раствора равна  $Q$ , пористость пласта равна  $m$ ; ПАА сорбируется скелетом породы по закону Генри, коэффициент сорбции принять равным  $\alpha$ .

### Методические рекомендации по решению задачи:

1. Определяют скорость продвижения оторочки ПАА

$$V_T = \frac{q}{mbh(1+a)}, \quad (5.1)$$

2. Определяют время  $t^*$  необходимое для создания оторочки:

$$V(t-t^*) = \frac{qt^*}{mbh(1+a)},$$

$$V_T(t-t^*) = \frac{q(t-t^*)}{mbh(1+a)}. \quad (5.2)$$

3. Определяют время закачивания полимерного раствора в пласт для создания в нем необходимого размера оторочки

$$t^*=t = \frac{Vnno}{q} (1+a) \quad (5.3)$$

Таблица 5.1 – Варианты для самостоятельного решения задачи

| № Варианта | Q, м <sup>3</sup> /сут | h, м; | $\alpha$ | $\mu_n$ , Па·с | l, м | b, м | m, доли ед. |
|------------|------------------------|-------|----------|----------------|------|------|-------------|
| 1.         | 400                    | 12,0  | 1,25     | 2,1            | 500  | 250  | 0,20        |
| 2.         | 380                    | 12,1  | 0,44     | 2,4            | 500  | 300  | 0,23        |
| 3.         | 477                    | 12,4  | 0,67     | 4,2            | 500  | 230  | 0,18        |
| 4.         | 549                    | 12,4  | 1,24     | 1,8            | 500  | 320  | 0,19        |
| 5.         | 861                    | 11,4  | 0,87     | 2,2            | 500  | 250  | 0,21        |
| 6.         | 124                    | 11,4  | 0,66     | 2,8            | 500  | 250  | 0,24        |
| 7.         | 466                    | 14,4  | 0,98     | 3,1            | 500  | 200  | 0,18        |
| 8.         | 357                    | 11,4  | 1,26     | 3,3            | 500  | 180  | 0,17        |
| 9.         | 579                    | 12,4  | 1,25     | 2,5            | 500  | 300  | 0,20        |
| 10.        | 235                    | 11,4  | 0,87     | 3,4            | 500  | 320  | 0,23        |
| 11.        | 865                    | 10,4  | 0,67     | 2,8            | 700  | 300  | 0,18        |
| 12.        | 632                    | 9,4   | 1,24     | 1,5            | 700  | 250  | 0,19        |
| 13.        | 254                    | 7,8   | 0,87     | 1,6            | 700  | 350  | 0,21        |
| 14.        | 235                    | 6,7   | 0,66     | 2,3            | 700  | 400  | 0,24        |
| 15.        | 123                    | 18,1  | 0,98     | 3,1            | 700  | 300  | 0,18        |
| 16.        | 460                    | 11,4  | 1,26     | 4,2            | 700  | 320  | 0,17        |
| 17.        | 550                    | 14,4  | 1,25     | 5,0            | 700  | 300  | 0,20        |
| 18.        | 600                    | 11,4  | 0,87     | 4,5            | 700  | 250  | 0,18        |
| 19.        | 440                    | 12,4  | 1,2      | 4,4            | 700  | 350  | 0,17        |
| 20.        | 550                    | 11,4  | 1,4      | 2,4            | 700  | 400  | 0,20        |

## 6 ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С СОЛЕОТЛОЖЕНИЯМИ НА ПОДЗЕМНОМ ОБОРУДОВАНИИ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН

Одним из возможных технических решений для борьбы с солеотложениями на внутрискважинном оборудовании является применение ингибиторной защиты контейнерного типа Трил-Св.

Схема контейнера Трил-Св представлена на рисунке 3.1



Рисунок 6.1 – Схема контейнера Трил-Св

Контейнер рекомендуется использовать с заводскими настройками при выводе скважины на установившийся режим.

Ингибитор помещается в добывающие скважины в перфорированных контейнерах. Контейнер состоит из 9 секций.

Контейнер «Трил» размещен в трех упаковках по 3 секции в каждой, каждая упаковка соответственно подписана: «верхняя часть контейнера», «средняя часть контейнера», «нижняя часть контейнера». Вес одной упаковки составляет 60-65кг.

Перед установкой контейнера глубинное оборудование скважины должно быть чистым. (Пропарено, промыто растворителем, а обсадную колонну рекомендуется прошаблонировать).

Первым в скважину спускается контейнер, затем фильтр (включение фильтра в компоновку по решению заказчика), далее устанавливается насосное оборудование и колонна НКТ. Крепление контейнера к насосному оборудованию (или фильтру) осуществляется посредством муфты НКТ 73 (верхняя муфта контейнера).

Контейнер «Трил» при эксплуатации должен располагаться выше интервала перфорации и ниже начала проявления солеотложений.

Контейнер поставляется в разобранном виде – посекционно. Присоединительные резьбы секций защищены: нижние – пластмассовыми колпачками, верхние – входящими в комплект присоединительными муфтами НКТ (навинчены без натяга). Секции в количестве 9 штук поставляются заправленные ингибитором. Сборка контейнера производится непосредственно на скважине от нижней части контейнера к верхней по мере спуска (как стандартная колонна НКТ).

Очередность сборки промежуточных труб в контейнере может быть любая, кроме нижней трубы.

Нижняя труба снабжена глухой заглушкой и устанавливается первой.

Свинчивание секций контейнера и затягивание глухой заглушки рекомендуется производить с приложением крутящего момента согласно указанного документа для гладких НКТ 73, стенкой 5,5мм (1305Нм).

Контейнер Тил-Св устанавливается до приёма скважинного насоса (УЭЦН или ШГН).

По данным таблицы 6.1 необходимо рассчитать глубину спуска контейнер Тил-Св

Таблица 6.1 – Исходные данные по вариантам

| Параметр  | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Глубина скважины, м                               | 2900      | 2860      | 3100      |
| Внутренний диаметр эксплуатационной колонны, мм   | 132       | 132       | 132       |
| Пластовое давление, МПа                           | 29        | 28,9      | 31        |
| Забойное давление, МПа                            | 24        | 25,3      | 28,7      |
| Планируемый дебит жидкости, м <sup>3</sup> /с     | 0,000710  | 0,000810  | 0,0009    |
| Объёмная обводнённость продукции, доли ед.        | 0,61      | 0,98      | 0,76      |
| Плотность дегазированной нефти, кг/м <sup>3</sup> | 876       | 805       | 830       |
| Плотность пластовой воды, кг/м <sup>3</sup>       | 1190      | 1087      | 1043      |
| Плотность газа (при ст. усл.), кг/м <sup>3</sup>  | 1,04      | 1,05      | 1,08      |
| Вязкость воды, Па·с                               | 0,00095   | 0,0001    | 0,0001    |
| Вязкость дегазированной нефти, Па·с               | 0,0038    | 0,0012    | 0,0015    |
| Вязкость нефти в пластовых условиях, Па·с         | 0,0028    | 0,0009    | 0,0009    |
| Газовый фактор, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>    | 52        | 82        | 81        |
| Давление насыщения нефти, МПа                     | 9,4       | 9,1       | 10,6      |
| Устьевое давление, МПа                            | 1,0       | 1,0       | 1,0       |
| Относительная плотность газа, кг/м <sup>3</sup>   | 1,050     | 1,050     | 1,050     |
| Динамическая вязкость жидкости, Па·с              | 0,00110   | 0,00110   | 0,00110   |
| Плотность жидкости, кг/м <sup>3</sup>             | 1182,3    | 1182,3    | 1182,3    |
| Диаметр НКТ, мм                                   | 73        | 73        | 89        |

## 11.2. Методические указания по подготовке к лабораторным работам.

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

## 11.3. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в получении заданий (тем) у преподавателя для индивидуального освоения. Преподаватель на занятии дает рекомендации необходимые для освоения материала. В ходе самостоятельной работы обучающиеся должны выполнить типовые расчеты, подготовиться к выполнению экспериментов (исследований) и изучить теоретический материал по разделам. Обучающиеся должны понимать содержание выполненной работы (знать определения понятий, уметь разъяснить значение и смысл любого термина, используемого в работе и т.п.).

### Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина **Эксплуатация нефтяных скважин в осложненных условиях**

Код, направление подготовки **21.03.01 Нефтегазовое дело**

Направленность **Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти**

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)                   | Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)                                     | Критерии оценивания результатов обучения   |   |   |   |
|--|--|---|--|---|---|---|
|  |  |   | 1-2 (0-60)   | 3 (61-75)   | 4 (76-90)   | 5 (90-100)  |
| <b>ПКС-2</b><br>Способность проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности | <b>ПКС-2.3</b><br>Анализирует параметры работы технологического оборудования | Знать (ЗЗ): требования по оформлению документов по эксплуатации нефтепромыслового оборудования    | Не знает требования по оформлению документов по эксплуатации нефтепромыслового оборудования    | Частично знает требования по оформлению документов по эксплуатации нефтепромыслового оборудования | Знает основные требования по оформлению документов по эксплуатации нефтепромыслового оборудования                   | Знает требования по оформлению документов по эксплуатации нефтепромыслового оборудования и может тезисно пояснить их содержание |
|  |  | Уметь (УЗ): оформлять технологическую документацию по эксплуатации нефтепромыслового оборудования | Не умеет оформлять технологическую документацию по эксплуатации нефтепромыслового оборудования | Слабо умеет оформлять технологическую документацию по эксплуатации нефтепромыслового оборудования | Умеет оформлять технологическую документацию по эксплуатации нефтепромыслового оборудования                         | Умеет быстро и в оптимальных объемах оформлять технологическую документацию по эксплуатации нефтепромыслового оборудования      |
|  |  | Владеть (ВЗ): методами ведения технической документации по эксплуатации буровых машин             | Не владеет методами ведения технической документации по эксплуатации буровых машин             | Обладает слабыми методами ведения технической документации по эксплуатации буровых машин          | Владеет методами ведения технической документации по эксплуатации буровых машин, но допускает незначительные ошибки | Владеет методами ведения технической документации по эксплуатации буровых машин   |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)   | Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)  | Критерии оценивания результатов обучения  |  |   |   |
|--------------------------------|--|--|---|--|---|---|
|                                |  |  | 1-2 (0-60)  | 3 (61-75)  | 4 (76-90)   | 5 (90-100)  |
|                                | <b>ПКС-2.5</b><br>Обосновывает выбор методов диагностики и технического обслуживания оборудования в соответствии с требованиями промышленной безопасности охраны труда | Знать (З4): современные методы предотвращения образования осложнений при добыче скважинной продукции         | Не знает современные методы предотвращения образования осложнений при добыче скважинной продукции         | Частично знает современные методы предотвращения образования осложнений при добыче скважинной продукции      | Знает основные современные методы предотвращения образования осложнений при добыче скважинной продукции       | Знает современные методы предотвращения образования осложнений при добыче скважинной продукции и может тезисно пояснить их содержание |
|                                |  | Уметь (У4): проводить гидравлические расчеты промывки скважин (удаление песка, прокачки пара, горячей нефти) | Не умеет проводить гидравлические расчеты промывки скважин (удаление песка, прокачки пара, горячей нефти) | Слабо умеет проводить гидравлические расчеты промывки скважин (удаление песка, прокачки пара, горячей нефти) | Умеет проводить гидравлические расчеты промывки скважин (удаление песка, прокачки пара, горячей нефти)        | Умеет быстро и в оптимальных объемах проводить гидравлические расчеты промывки скважин (удаление песка, прокачки пара, горячей нефти) |
|                                |  | Владеть (В4): навыками мероприятий по восстановлению работоспособности скважины                              | Не владеет навыками мероприятий по восстановлению работоспособности скважины                              | Обладает слабыми навыками мероприятий по восстановлению работоспособности скважины                           | Владеет навыками мероприятий по восстановлению работоспособности скважины, но допускает незначительные ошибки | Владеет навыками мероприятий по восстановлению работоспособности скважины   |

**КАРТА**

**обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой**  
**Дисциплина Эксплуатация нефтяных скважин в осложненных условиях**  
**Код, направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело**  
**Направленность Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти**

| № п/п | Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания   | Количество экземпляров в БИК | Контингент обучающихся, использующих указанную литературу | Обеспеченность обучающихся литературой, % | Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-) |
|-------|--|------------------------------|---|---|---|
| 1     | Осложнения, аварии и фонтаноопасность при строительстве, эксплуатации и ремонте нефтяных и газовых скважин: учеб. пособие / Под ред. А.В. Кустышева. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 178 с. | Электр. ресурс               | 100   | 100                                       | +   |