

# **ТЕХНОЛОГИЯ ВСКРЫТИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАСТОВ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

## **ФЛЮИДОПРОЯВЛЕНИЯ**

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов магистратуры направления 21.04.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра бурения скважин

# ТЕХНОЛОГИЯ ВСКРЫТИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАСТОВ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

## ФЛЮИДОПРОЯВЛЕНИЯ

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов магистратуры направления 21.04.01*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2021

УДК 622.24-241 (073)

**ТЕХНОЛОГИЯ ВСКРЫТИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАСТОВ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ. Флюидопроявления:** Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *М.Ю. Мерзляков, М.В. Нуцова*. СПб, 2021. 63 с.

Приведены методические указания к лабораторным работам, выполняемым на тренажере-имитаторе проводки скважин АМТ 231. Описывается тренажер-имитатор, методика и порядок выполнения работ.

Предназначены для студентов магистратуры направления 21.04.01 «Нефтегазовое дело» направленности «Технология вскрытия нефтегазовых пластов в осложненных условиях».

Научный редактор проф. *М.В. Двойников*

Рецензент канд. техн. наук *И.А. Голубев* (НВП и ННГПО НТК «Новые технологии и материалы» СПбПУ)

© Санкт-Петербургский  
горный университет, 2021

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Цель лабораторных работ – закрепление и углубление знаний, полученных студентами при теоретическом изучении курса «Технология вскрытия нефтегазовых пластов в осложненных условиях», приобретение навыков самостоятельной работы со специальной и справочной литературой при решении конкретных инженерных задач действующими ГОСТами и др. нормативными документами.

Лабораторные работы проводятся на тренажере АМТ-221П (инженерный вариант) или АМТ-231 (рабочее место бурильщика). Задания на лабораторную работу выдаются в форме задач-сценариев. Выполнение лабораторных работ предполагается группами (бригадами) не более 4-х человек. Каждый член бригады выполняет функции супервайзера, бурильщика или помощника бурильщика.

## ВВЕДЕНИЕ

При вскрытии продуктивных пластов могут иметь место различные виды осложнений, одними из которых являются пластовые флюидопроявления – газонефтеводопроявления (ГНВП). Каждый случай возникновения ГНВП и открытого фонтанирования может быть связан с большим множеством технических, технологических и организационных причин. На начальной стадии возникновения ГНВП, во время бурения, освоения или ремонта скважины, можно избежать осложнений путем своевременной герметизации устья и проведения глушения скважины. Однако при отсутствии указанных мер может произойти выброс скважинной жидкости из ствола скважины с переходом скважины на режим открытого фонтанирования. Ликвидация возникшего флюидопроявления состоит в удалении из скважины поступившего в нее флюида. Наиболее сложная ситуация имеет место при газопроявлении. В практике бурения скважин используют ряд методов, которые можно разделить на две группы:

- удаление флюида при поддержании постоянного давления на забое скважины (методы плавного глушения);
- удаление флюида при изменяющемся давлении на забой скважины.

Методы плавного глушения проявлений наиболее рациональны, так как при их использовании значительно снижается вероятность возникновения других осложнений, связанных с увеличением давления в скважине.

При плавном глушении проявлений поступивший в скважину флюид удаляют путем промывки при закрытом превенторе и соответствующем противодавлении на устье, которое изменяют таким образом, чтобы обеспечить постоянное давление на забой. При этом дифференциальное забойное давление должно быть выбрано так, чтобы предотвратить поступление новой порции флюида из пласта и в то же время не вызвать поглощения и других осложнений. Такая технология ликвидации проявлений способствует сохранению коллекторских свойств пласта.

Следует отметить, что если при глушении проявления создать противодавление, при котором объемы закачиваемой и выходящей жидкостей будут равны, то при подъеме газового пузыря его давление практически не изменится. Это приведет к росту давления в скважине (например, при подъеме пузыря до устья давление на забое будет примерно равно удвоенному пластовому давлению) и как следствие, к гидроразрывам пород с поглощением и последующим бурным проявлением. Поэтому при подъеме газовой пачки ее объем должен возрастать, а давление газа - снижаться.

Методы глушения проявления различаются по местонахождению колонны труб в скважине, последовательности проведения работ, способу контроля за давлением на забое.

В лабораторных работах будут рассматриваться только методы плавного глушения проявлений, как наиболее часто применяемые на практике и достаточно надежные. При этом колонна бурильных труб должна находиться на забое либо в призабойной зоне.

К методам плавного глушения проявлений относятся следующие методы:

- Метод бурильщика.
- Метод ожидания и утяжеления.
- Непрерывный метод.

#### **Метод бурильщика**

При этом методе проведения работ ликвидация выброса осуществляется в два этапа (рис. 1). На первом этапе (первый цикл циркуляции) происходит вымывание флюида из скважины буровым раствором той же плотности. В течение второго цикла в скважину закачивают утяжеленный буровой раствор требуемой плотности для уравновешивания пластового давления.

#### **Метод ожидания и утяжеления**

При этом методе проведения работ ликвидация выброса осуществляется в один этап (рис. 2): скважину закрывают и готовят утяжеленный буровой раствор требуемой плотности. Флюид удаляют из скважины с одновременной закачкой утяжеленного бурового раствора.

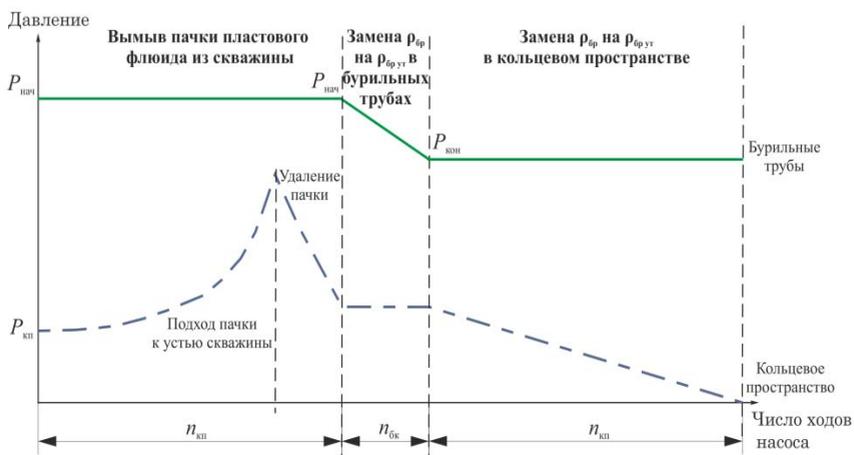


Рис. 1. График изменения давления в бурильных трубах и кольцевом пространстве при использовании метода «бурильщика»



Рис. 2. График изменения давления в бурильных трубах и кольцевом пространстве при использовании способа ожидания и утяжеления

### **Непрерывный метод**

При этом методе проведения работ немедленно начинается вымыв пластового флюида с одновременным увеличением плотности бурового раствора с максимально возможной скоростью. При этом плотность бурового раствора следует повысить до значения, необходимого для глушения, в процессе циркуляции.

#### **Достоинства и недостатки**

Метод бурильщика наиболее прост в использовании и позволяет немедленно начинать вымывание флюида. Однако при этом требуются по меньшей мере два полных цикла циркуляции для ликвидации проявления, что приводит к более высокому устьевому давлению, чем в двух других методах.

Метод ожидания и утяжеления позволяет заглушить скважину за один цикл циркуляции, а также обеспечивает снижение до минимума устьевого давления во время вымывания флюида.

Непрерывный метод позволяет начать вымыв сразу же после закрытия скважины, но требует регулирования давления в бурильных трубах (при повышенной плотности бурового раствора), чтобы поддерживать постоянное давление на забое. Давление в обсадной колонне находится в диапазоне значений для первых двух методов.

Если во время начального вымыва плотность бурового раствора не может быть увеличена достаточно, чтобы обеспечить глушение скважины, то требуются, по крайней мере, два полных цикла промывки.

Если проявление произошло во время спуско-подъемных операций или когда трубы находятся вне скважины, то, по возможности, колонна должна быть спущена до забоя, чтобы можно было использовать метод поддержания постоянного давления на забое. Для этого требуется обеспечить свободный или принудительный спуск труб в скважину через герметизированное устье.

Во всех трех перечисленных вариантах борьбы с нефтегазопоявлениями, давление в нагнетательной линии может служить показателем, контролирующим давление на забое, а его величина

регулирується штуцером на викидній лінії превентора, т.е. протидавлінням на уст'є.

Методи плавного глушення проявлєнь, основанні на контролі за давлєнням в нагнетатєльній лінії, применимі в різних варіантах технології проведення робіт при поступленні в скважину любых флюїдов. Важним їх перевагою є простота рахунків технологічних параметрів процесу глушення, а також відсутність необхідності в достовірній інформації о геометричних розмірах кільцевого зазору в відкритому стволі. Це і визначає їх широке застосування в зарубіжній і вітчизняній практиці.

К недолікам цих методів глушення можна віднести необхідність використання постійної подачі насоса, несинхронність змінення давлєнь в кільцевому просторі, на уст'є і в нагнетатєльній лінії і др.

Якщо в часі вимива пластового флюїда забійне давлєння підтримується постійним, то по мірі підходу к уст'ю газ буде розширяться. Оскільки густина газу значно менше густини бурового розчину, збільшення довжини газової пачки викликає зниження гідростатического давлєння і підвищення давлєння в обсадній колонні. На довжину газової пачки і, відповідно, на давлєння в обсадній колонні впливають розмір проявляючої зони, інтенсивність проявлєння, розширення газу по мірі вимива, і геометрія ствола.

Принцип вимива пластового флюїда при постійній подачі насоса і підтриманні незмінного давлєння в бурильних трубах є основою всіх методів ліквідації проявлєнь з підтриманням постійного забійного давлєння.

При зміні густини закачуваного бурового розчину змінюються як гідростатическе давлєння, так і втрати давлєння на тертя в бурильних трубах; відповідно, для підтримання постійного забійного давлєння необхідно регулювати давлєння в бурильних трубах. Процедури підтримання постійного забійного давлєння в часі змінення густини бурового розчину для трьох основних методів глушення різні.

При использовании метода бурильщика поступивший в скважину пластовый флюид полностью вымывается без изменения плотности бурового раствора, затрубное пространство и бурильные трубы заполняются буровым раствором одинаковой плотности; следовательно, по давлению в затрубном пространстве в этом случае можно точно судить о забойном давлении. Такая ситуация сохраняется до тех пор, пока плотность бурового раствора в затрубном пространстве не изменится. При прекращении циркуляции давление в бурильных трубах будет равно давлению в обсадной колонне, если весь пластовый флюид уже вымыт. После доведения плотности бурового раствора в емкостях до необходимого для глушения значения, циркуляция восстанавливается и в это время поддерживается постоянное давление в затрубном пространстве.

Постоянное давление в обсадной колонне сохраняется до тех пор, пока бурильные трубы не заполнятся раствором необходимой для глушения плотности. Когда этот раствор достигает долота, определяют давление циркуляции в бурильных трубах и поддерживают его постоянным, пока раствор данной плотности не достигнет устья. Если буровой раствор с требуемой для глушения плотностью полностью заполнит скважину, то давление в бурильных трубах и в обсадной колонне при остановке насосов будут равны.

При использовании метода ожидания и утяжеления, во время закачки бурового раствора для глушения пластовый флюид все еще находится в затрубном пространстве. Поэтому давление в бурильных трубах - единственный надежный показатель забойного давления. Для поддержания постоянного забойного давления, в бурильных трубах давление снижают по мере движения утяжеленного бурового раствора вниз по бурильной колонне.

По мере нагнетания утяжеленного бурового раствора давление в бурильных трубах снижают, чтобы компенсировать увеличение плотности бурового раствора. Снижение давления нагнетания производится в соответствии с объемом закачанного бурового раствора, так что конечное давление нагнетания будет иметь место, когда утяжеленный буровой раствор достигнет долота.

В дальнейшем это давление поддерживается до тех пор, пока утяжеленный буровой раствор не появится на выходе из скважины.

При использовании непрерывного метода вымыв пластовых флюидов начинается сразу же за стабилизацией давления после закрытия скважины. К увеличению плотности бурового раствора рекомендуется приступать как можно быстрее. Скорость наращивания плотности зависит как от подачи насоса, так и от эффективности системы приготовления бурового раствора. Необходимо отметить, что в случае проявления большой интенсивности, равновесной плотности бурового раствора может оказаться недостаточно для глушения. Циркуляцию и утяжеление продолжают до тех пор, пока утяжеленный буровой раствор выровненной плотности не появится на устье. Дальнейшее утяжеление и промывку ведут циклами и заканчивают, когда буровой раствор с плотностью глушения достигнет устья.

При использовании всех трех методов для ликвидации проявления необходимо обеспечивать постоянное забойное давление во время вымыва флюида. Забойное давление поддерживается постоянным путем регулирования давления в бурильных трубах на уровне, зависящем от скорости закачки и плотности бурового раствора. Давление в бурильных трубах регулируется дросселем.

При выборе расхода раствора для глушения проявления необходимо учитывать следующие факторы. Увеличение расхода ускоряет процесс глушения, повышает давление на пласт за счет сопротивления в кольцевом пространстве, а снижение расхода имеет преимущества в критических ситуациях. Это, в частности - обеспечение запаса давления в нагнетательной линии, снижение скорости утяжеления бурового раствора до уровня соответствия техническим возможностям устройств, получение резерва времени для принятия решений и т.д. Последняя группа требований более предпочтительна, и на практике рекомендуется применять один насос и поддерживать его подачу постоянно и равной 50% от максимально возможной подачи при установленных втулках.

## **Лабораторная работа 1**

### **ГЛУШЕНИЕ СКВАЖИНЫ**

Задача «ИМИТАЦИЯ ВЫБРОСОВ» имитирует нефтегазопрооявления и выбросы и предназначена для выработки у обучаемых навыков ликвидации выбросов любыми методами, в том числе методами плавного глушения, такими как метод бурильщика и метод ожидания и утяжеления.

В процессе работы имитационной задачи не контролируются правильная последовательность действий при ликвидации выброса каким-либо конкретным методом, заданные забойное давление и давление нагнетания, заданное значение плотности утяжеленного раствора, а контролируются только общие для всех методов аварийные ситуации, такие как проявление, поглощение и т.д. После окончания работы оценка за выполнение не ставится.

Модель имеет следующие ограничения и допущения:

- при запуске задачи флюид уже находится в скважине, либо поступает в скважину<sup>1</sup>;
- одноразмерная колонна БТ и УБТ;
- одноразмерная обсадная колонна;
- инструмент на забое или в призабойной зоне;
- промывка осуществляется только через ведущую трубу;
- продуктивный и слабый по гидроразрыву пласты находятся на забое;
- отсутствует зона перемешивания между флюидом и раствором;
- производить повторное утяжеление раствора можно только после того, как раствор предыдущей плотности заполнил всю скважину;
- поступление вторичного флюида на мультипликации не отражается и в модели не учитывается.

---

<sup>1</sup> В настоящей версии АМТ-231 существует возможность перехода к задаче "Имитация Выброса" непосредственно из задач "УТК БУРЕНИЕ", при этом состояние скважины будет определяться не по сценарию, а по факту на момент перехода к ликвидационным работам

## ***Последовательность действий***

Последовательность действий обучаемого при работе с задачей «ИМИТАЦИЯ ВЫБРОСОВ» следующая:

### **1. Установка стартовых значений**

На ПУЛЬТЕ БУРИЛЬЩИКА необходимо зажать тормоз лебедки, выключить лебёдку, ротор, РПДЭ.

На ПУЛЬТЕ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ установить плотность раствора в скважине исходя из пластовых условий, заданных в сценарии.

Начальную плотность раствора на входе рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$\rho_{H_0} = (P_{пл} + \Delta P_{заб}) / (0,1 \times H_0)$$

где:  $P_{пл}$  - пластовое давление, кг/см<sup>2</sup>;  $\Delta P_{заб}$  - диапазон безопасности на снижение забойного давления, кг/см<sup>2</sup>;  $H_0$  -глубина скважины, м.

### **2. Герметизация скважины**

Для этого необходимо выставить следующие значения на пультах бурильщика, циркуляционной системы, противовыбросового оборудования и постах устьевого оборудования, манифольда и блока дросселирования.

#### **При роторном бурении**

- Выключить привод РПДЭ.
- Выключить ротор.
- Поднять квадрат, чтобы он вышел из стола ротора, зажать тормоз.
- Выключить лебедку.
- Выключить насосы.
- Закрывать обе линии глушения.
- Открыть одну из линий дросселирования
- Открыть задвижку линии дросселирования на блоке дросселирования.
- Открыть входную и выходную задвижку дросселя, которым предполагается работать.
- Приоткрыть дроссель на этой линии.
- Закрывать один из превенторов - универсальный или плащечный (на верхней линии) или плащечный на нижней линии.
- Закрывать плавно дроссель.

- Закрыть входную задвижку дросселя (на случай если дроссель пропускает).

После герметизации устья скважины необходимо выждать 5 – 7 минут для стабилизации давлений.

### **При турбинном бурении**

- Выключить привод РПДЭ.
- Поднять квадрат, чтобы он вышел из стола ротора, зажать тормоз.

- Выключить лебедку.
- Выключить насосы.
- Закрыть обе линии глушения.
- Открыть одну из линий дросселирования.
- Открыть задвижку линии дросселирования на блоке дросселирования.

- Открыть входную и выходную задвижку дросселя, которым предполагается работать.

- Приоткрыть дроссель на этой линии.
- Закрыть один из превенторов - универсальный или плащечный (на верхней линии) или плащечный на нижней линии.
- Закрыть плавно дроссель.
- Закрыть входную задвижку дросселя (на случай если дроссель пропускает).

### **3. Расчет параметров процесса**

После герметизации скважины для проведения работ по глушению нефтегазопроявления необходимо рассчитать карту глушения (рис. 3, 4) и следующие параметры:

- объём поступившего в скважину флюида ( $\Delta W$ ) по формуле:

$$\Delta W = (U_{e1} - U_{e01}) \times F_1 + (U_{e2} - U_{e02}) \times F_2$$

где  $F_{кп}$  – площадь поперечного сечения КП скважины, м<sup>2</sup>;  $U_{e01}$ ,  $U_{e02}$  – начальный уровень раствора в емкостях 1 и 2, м (1м);  $U_{e1}$ ,  $U_{e2}$  – уровни раствора в емкостях 1 и 2, м;  $F_1$ ,  $F_2$  - площадь приемных емкостей 1 и 2, м (сценарий);

- высоту столба флюида в кольцевом пространстве скважины ( $L_{фл}$ ) по формуле:

$$L_{фл} = \Delta W / F_{кп}.$$

#### 4. Включение циркуляции

Для этого рекомендуется приоткрыть дроссель и включить один из насосов на половину максимальной производительности. Вымывание флюида можно осуществлять как раствором старой плотности, так и одновременно с закачкой утяжеленного раствора. Приготовление утяжеленного раствора имитируется путем задания значения новой плотности на задатчике плотности. Закачка утяжеленного раствора в скважину отображается другим цветом.

В процессе вымывания флюида из скважины и закачки утяжеленного раствора рекомендуется поддерживать давление нагнетания таким образом, чтобы значение забойного давления попадало в следующие диапазоны безопасности:

$$P_{пл} < P_{заб} < P_{погл},$$

где  $P_{пл}$  – пластовое давление,  $кг/см^2$ ;  $P_{заб}$  – забойное давление,  $кг/см^2$ ;  $P_{погл}$  – давление начала поглощения (задается в сценарии),  $кг/см^2$ .

Если выполняется неравенство:

$$P_{заб} > P_{погл}$$

то имеет место аварийная ситуация “ПОГЛОЩЕНИЕ”. Для ее ликвидации рекомендуется приоткрыть дроссель.

Если выполняется неравенство:

$$P_{заб} < P_{пл},$$

то имеет место аварийная ситуация “ПРОЯВЛЕНИЕ” или “ВТОРИЧНОЕ ПОСТУПЛЕНИЕ”.

“ПРОЯВЛЕНИЕ” возможно в ситуации, когда скважина после запуска задачи еще не загерметизирована и нижняя граница флюида не оторвалась от забоя. В первом случае рекомендуется закрыть скважину, во втором - прикрыть дроссель.

Регулирование давления нагнетания, забойного давления и давления на выходе осуществляется дросселем.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ СКВАЖИННОГО КОНТРОЛЯ  
Наземное ПВО  
КАРТА ГЛУШЕНИЯ (метрические единицы)

ДАТА: \_\_\_\_\_  
ФАМИЛИЯ: \_\_\_\_\_

**ДААННЫЕ ПО ПРИЕМИСТОСТИ ПЛАСТА:**

Давление на устье при испытании  
пласта на приемистость  бар

Плотность бурового раствора при  
испытании  кг / л

Максимально допустимая плотность бурового раствора =

$$(B) + \frac{(A)}{0,0981 \times \text{глубина башмака}} = (C) \text{ кг / л}$$

Начальное максимально допустимое давление на устье =

$$((C) - \text{текущая плотность б.р.}) \times \text{глубина башмака} \times 0,0981 = \text{бар}$$

Насос NO.1

Насос NO.2

литр / ход

литр / ход

**ТЕКУЩИЕ ДАННЫЕ ПО СКВАЖИНЕ:**

**ТЕКУЩИЙ БУРОВОЙ РАСТВОР:**

плотность:  кг / л

**БАШМАК ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ:**

диаметр:  мм

длина по стволу:  м

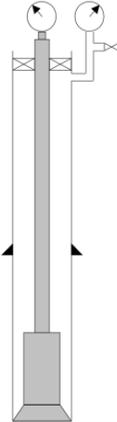
глубина:  м

**ОТКРЫТЫЙ СТВОЛ:**

диаметр:  мм

длина:  м

глубина:  м



Производительность насоса	Динамические потери давления	
	Насос NO.1	Насос NO.2
ход/мин		
ход/мин		

ЗАДААННЫЙ ОБЪЕМ:	ДЛИНА м	ВМЕСТИМОСТЬ л/м	ОБЪЕМ л	ЧИСЛО ХОДОВ НАСОСА ходов	ВРЕМЯ минут
БУР. ТРУБЫ x мм	x	=	л	Объем литр / ход	Число ходов ход/мин
СБТ	x	=	л		
УБТ / мм	x	=	л		
ОБЪЕМ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ	(D)		л	(E) ходов	мин
УБТ x ОТКР. СТВОЛ	x	=	л		
БТ / СБТ x ОТКР. СТВОЛ	x	=	л		
ОБЪЕМ ОТКРЫТОГО СТВОЛА	(F)		л	ходов	мин
БТ x ОБСАДНАЯ КОЛОННА	= (G)		л	ходов	мин
ОБЩИЙ ОБЪЕМ ЗАТРУБНОГО ПРОСТРАНСТВА	(F+G) = (H)		л	ходов	мин
ОБЩИЙ ОБЪЕМ СКВАЖИНЫ	(D+H) = (I)		л	ходов	мин
АКТИВНЫЙ ОБЪЕМ НА ПОВЕРХНОСТИ	(J)		л	ходов	
ОБЩИЙ АКТИВНЫЙ ОБЪЕМ	(I+J)		л	ходов	

Рис. 3. Карта глушения, 1 страница



Если в процессе ликвидации выброса давление на насосе превысило максимально допустимое значение, т.е.:

$$P_n > P_{n.max}$$

где  $P_n$  – текущее давление нагнетания, кг/см<sup>2</sup>;  $P_{n.max}$  – максимально допустимое значение для данной скорости, кг/см<sup>2</sup>;

то произошла аварийная ситуация “ПЕРЕГРУЗКА НАСОСА” и насос не работает. Чтобы “починить” насос нужно выключить его привод, а затем опять включить.

Если в процесс имитации был закрыт глухой превентор, то имеет место аварийная ситуация “ЗАКРЫТ ГЛУХОЙ ПРЕВЕНТОР”, так как инструмент находится на забое и закрывать глухой превентор нельзя. Для ликвидации ситуации необходимо открыть глухой превентор.

Циркуляция продолжается до тех пор, пока весь флюид не будет вымыт из КП скважины.

Если вымывание флюида осуществлялось раствором старой плотности, то после удаления флюида из КП рекомендуется закрыть скважину. При этом давления на входе и на выходе в закрытой скважине должны быть примерно одинаковы и равны первоначальному давлению на входе в закрытой скважине. После чего требуется приготовить и закачать в скважину утяжеленный раствор.

### **5. Приготовление раствора новой плотности**

Приготовление раствора новой плотности в емкостях можно имитировать следующим образом:

- на задатчике плотности раствора в емкости 1 и емкости 2 задать новую плотность утяжеленного раствора.

### **6. Закачивание утяжеленного раствора**

После приготовления раствора новой плотности требуется включить циркуляцию и закачивать в скважину утяжеленный раствор до появления его на устье. В процессе закачки утяжеленного раствора рекомендуется поддерживать забойное давление таким образом, чтобы оно входило в диапазон безопасности. Для этого необходимо поддерживать на выходе постоянное давление, равное заданному давлению на выходе, пока вся колонна буровых труб не будет заполнена утяжеленным

раствором. Когда утяжеленный раствор достигнет долота, записать давление нагнетания и поддерживать его постоянным до тех пор, пока утяжеленный буровой раствор не появится на устье.

### **7. Герметизация скважины**

После вымывания флюида и заполнения всей скважины утяжеленным раствором необходимо загерметизировать скважину.

При закрытии заглушенной скважины давления на входе и на выходе должны быть равны нулю.

Если имеется давление на выходе, а на входе давление равно нулю, значит, в затрубном пространстве еще есть флюид. В этих условиях требуется восстановить циркуляцию и вымыть флюид.

Существование давление на входе означает, что плотность утяжеленного бурового раствора недостаточна и скважина не заглушена. При этом необходимо приготовить новый раствор, восстановить циркуляцию и закачать его в скважину.

Если скважина заглушена, следует проверить отсутствие течения через дроссель и открыть превентор. При этом гидростатическое давление в открытой скважине должно находиться в диапазоне:

$$P_{пл} < P_{гс.кп} < P_{пл} + \Delta P_{заб},$$

где  $P_{гс.кп}$  – гидростатическое давление в КП,  $кг/см^2$ .

На этом ликвидация выброса заканчивается.

### ***Ошибки управления и их устранение***

При управлении ИМИТАТОРОМ БУРЕНИЯ в процессе имитации спуско-подъемных операций (СПО) возможны ошибочные действия, которые при управлении буровой установкой в реальности могут привести к поломкам оборудования или авариям в скважине.

Реакция ИМИТАТОРА БУРЕНИЯ на ошибки состоит в следующем:

- выдается сигнал об ошибке - загорается красная лампочка на пульте бурильщика, пульте циркуляционной системы (ЦС), пульте управления цементированием и стойке показывающих приборов (в инженерном варианте красный сигнал появляется в левом верхнем углу экрана);

- если ошибка изменяет параметры технологического процесса, то эти изменения отражаются на показывающих контрольно-измерительных приборах (в инженерном варианте - в окнах оперативной информации).

- название ошибки и начисленное штрафное время записывается в журнал (протокол выполнения задачи), который после выполнения задачи можно вывести на печатающее устройство.

Ниже приводится перечень возможных ошибок управления, описание реакции тренажера на ошибки, способы исправления ошибок, если они не приводят к необратимым (для условий буровой установки) последствиям:

### **1) Ошибка исходного положения**

Эта ошибка означает, что перед стартом задачи органы управления пультов тренажера не приведены в исходное положение.

Реакция: выдается сигнал ошибки - задача не стартует.

Способ устранения: проверить положение органов управления и привести их в соответствии вышеуказанными требованиями.

### **2) Не собран инструмент**

Эта ошибка вызвана пуском насоса во время наращивания - до наворачивания ведущей бурильной трубы.

Реакция: выдается сигнал ошибки, прекращается расчет параметров.

Способ устранения: выключить насос (насосы).

### **3) Клинья ротора опущены**

Конструкция тренажера АМТ-221-БУР дает возможность опустить клинья ротора в процессе бурения. Однако это действие считается ошибочным.

Реакция: сигнал ошибки, блокируется анимация.

Способ устранения: поднять клинья.

#### **4) Закрыт универсальный (плашечный) превентор**

Закрытие любого из превенторов в процессе бурения считается ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: открыть закрытый превентор.

#### **5) Удар о ротор**

Посадка вертлюга на ротор (высота талевого блока над ротором равна 0) считается ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки, прекращение подачи инструмента.

Способ устранения: приподнять инструмент.

#### **6) Переподъем ведущей трубы (квадрата)**

Подъем талевого блока с бурильной колонной (при вращении ротора) на высоту, большую длины ведущей бурильной трубы считается ошибкой, означающей, что ведущая бурильная труба вышла из ротора.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ выхода из ситуации: либо опустить талевый блок на высоту менее длины ведущей трубы, либо остановить ротор.

#### **7) Не включен блок очистки**

Если при бурении не включен блок очистки - это ошибка.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ выхода из ситуации: включить блок очистки.

#### **8) Перегрузка насоса**

Если давление на манифольде станет выше допустимого при данном диаметре цилиндрических втулок, происходит перегрузка насоса. Это возможно по двум причинам:

- расход раствора в скважину больше, чем позволяет сопротивление бурильной колонны и скважины;
- блокирован выход раствора в бурильную колонну (например, закрыта задвижка прямой и обратной промывки).

При этом происходит прорыв мембраны предохранительного клапана и подача раствора в скважину прекращается.

Реакция: сигнал ошибки, давление на стояке возрастает до максимума, потом падает до нуля, расход раствора падает до нуля, изменение расхода становится равным нулю.

Сопутствующие изменения: При роторном бурении прекращается проходка. При турбинном бурении останавливается турбобур, соответственно прекращается проходка и изменение нагрузки на долото, аналогично роторному бурению.

Способ устранения: устранить первопричину перегрузки насоса - освободить проход раствора в скважину или уменьшить число двойных ходов в минуту, затем, выключить насос (как бы для замены мембраны) и включить его снова. Если ошибка произошла при турбинном бурении, необходимо исправить ситуацию «Остановка забойного двигателя».

### **9) Остановка забойного двигателя**

Остановка забойного двигателя может произойти по следующим четырем причинам:

- велика нагрузка на долото;
- момент на долоте возрос сверх допустимого за счет перехода в породу с большим удельным моментом;
- расход раствора через долото снизился менее допустимого;
- момент на долоте за счет износа опор возрос более допустимого.

Реакция: при подаче с лебедки в режиме выбуривания нагрузка на долото не меняется, при бурении с вращением ротора момент на роторе равен тормозному моменту турбобура.

Способ устранения: подорвать инструмент, устранить причину остановки забойного двигателя.

### **10) Заклинка опор долота**

Заклинка опор долота возникает после израсходования их ресурса в процессе бурения в результате разрушения тел качения или их дорожек в шарошках. Время от начала работы долота до израсходования ресурса опор тем меньше, чем больше частота вращения и нагрузка на долото.

Преждевременный износ опор возникает вследствие либо неправильно выбранного или неправильно установленного режима бурения, либо из-за дефектов изготовления долота.

После заклинка опор, если продолжать бурение, наступает разрушение долота с потерей шарошек на забое.

Реакция: сигнал ошибки, при роторном бурении - возрастание момента на роторе и резкое возрастание амплитуды колебаний момента, при турбинном бурении с вращением ротора - возрастание момента на роторе, при продолжении бурения - прекращение расчета модели.

Способ устранения: Указанная ситуация необратима. В условиях реальной буровой бурение прекращают и поднимают инструмент для замены долота. В условиях Имитатора необходимо выключить задачу.

### **11) Проявление**

Проявление в процессе бурения возникает тогда, когда пластовое давление на глубине вскрытия продуктивного пласта существенно превышает забойное давление. Это происходит, как правило, когда неправильно выбрана плотность циркулирующего бурового раствора или если вскрывается пласт с аномально высоким пластовым давлением.

Реакция: сигнал ошибки, величина расхода на выходе больше расхода на входе, постепенное повышение уровня раствора в приемной емкости и снижение давления на входе в скважину, появление газосодержания в растворе и падение плотности раствора на выходе. В зонах аномально высокого пластового давления (АВПД) возможно повышение температуры и рост момента на роторе, а также появление затяжек и посадок при движении инструмента.

Способ устранения: В условиях реальной буровой производится оценка опасности проявления и далее, в зависимости от результатов оценки, либо продолжается бурение, либо принимаются меры по утяжелению раствора. Иногда для этого прекращают бурение. В условиях Имитатора для выхода из этой ситуации следует увеличить расход раствора в скважину в пределах допустимого давления на стояке до тех пор, пока рост давления в кольцевом пространстве уменьшит величину дифференциального давления до нужной величины. Если предложенный способ не помогает, следует перейти к закрытию скважины и глушению нефтегазоводопрооявления, для чего: выключить РПДЭ, остановить вращение ротора, вывести квадрат из стола ротора (т.е. поднять

талевый блок на высоту больше 14м, по прибору на пульте бурильщика), остановить подачу инструмента, выключить насосы, открыть задвижку на линии дросселирования, закрыть универсальный или плащечный превентор и загерметизировать скважину (после указанных действий происходит безвозвратный переход из задачи бурения в задачу «Имитация выбросов») и приступить к глушению нефтегазоводопроявления согласно методике, описанной в задаче «Имитация выбросов».

## **12) Поглощение**

Поглощение раствора возникает при превышении забойным давлением пластового. Это происходит при вскрытии продуктивного пласта при неправильном выборе плотности бурового раствора, при входе в зону трещиноватых и кавернозных пород или при гидроразрыве пластов из-за высокой плотности бурового раствора.

В Имитаторе Бурения моделируется первая причина поглощения.

Реакция: сигнал ошибки, величина расхода на выходе менее расхода на входе, постепенно понижается уровень раствора в приемной емкости, снижается давление на входе в скважину.

Способ устранения: В условиях реальной буровой при поглощении, если оно не велико, бурение производится с поглощением, добавляя раствор в приемную емкость. Если поглощение существенно и грозит потерей циркуляции, бурение прекращают и переходят к специальным работам по ликвидации поглощения. В условиях Имитатора для выхода из ситуации: уменьшить расход бурового раствора в скважину с целью снижения потери напора в кольцевом пространстве. Если предыдущий способ не поможет, продолжить бурение, закачивая раствор уменьшенной плотности.

### **13) Перегрузка долота**

Перегрузкой долота называется ситуация, при которой нагрузка на долото становится больше допустимой характеристики долота. В реальных условиях при этом возможно разрушение долота.

Реакция: сигнал ошибки, нагрузка на долото больше допустимой, прекращение проходки, что при подаче от регулятора в режиме «Автомат» вызовет остановку подачи, а в режиме «Ручное» и при подаче с лебедки — рост нагрузки на долото. Сопутствующие явления: при роторном бурении рост момента на роторе и амплитуды колебаний момента на роторе вплоть до перегрузки и остановки ротора, при турбинном бурении - остановка турбобура.

Способ устранения: В условиях реальной буровой поломка долота является необратимой ситуацией, необходимо поднять долото и ликвидировать аварию. В условиях Имитатора ситуация обратима: приподнимая верхний конец бурильной колонны, можно уменьшить нагрузку на долото. После этого ликвидировать сопутствующие явления, если они имеют место.

### **14) Блокирован насос 1**

Если промывка осуществлялась насосом 1, то при неправильном положении задвижек возможна ситуация, исключающая нормальную закачку раствора в скважину. Ситуация возникает при трех вариантах положения задвижек:

- заблокировано поступление раствора на вход насоса (например, закрыта выходная задвижка емкости приготовления и задвижка, соединяющая насосы 1 и 2);
- открыта задвижка линии приготовления раствора;
- закрыта задвижка стояка или выходная задвижка насоса.

Реакция: сигнал ошибки, в первых двух случаях аналогично п.20, в последнем случае возникает перегрузка насоса (см. п. 11 ).

Способ устранения: манипулируя задвижками, устранить блокировку насоса, затем ликвидировать последствия согласно приведенным выше правилам.

### **15) Блокирован насос 2**

Ситуация аналогична предыдущей, отличается только состоянием задвижек.

### **16) Полет инструмента**

Если в процессе бурения будет открыт элеватор, произойдет полная разгрузка бурильной колонны на забой (при долоте над забоем - падение инструмента на забой).

Реакция: сигнал ошибки, вес на крюке равен весу талевого блока с элеватором, нагрузка на долото равна весу инструмента в промывочном растворе.

Сопутствующие ситуации: при роторном бурении - перегрузка долота и перегрузка ротора (если было вращение), при турбинном бурении - перегрузка долота и остановка турбобура.

Способ устранения: ситуация необратима. Выход из ситуации не предусмотрен, следует выключить задачу.

### **17) Перегрузка ротора**

Если момент на роторе превысит допустимую величину, произойдет перегрузка и поломка ротора.

Реакция: сигнал ошибки, частота вращения ротора падает до нуля, момент на роторе падает до нуля.

Способ устранения: выключить привод ротора, уменьшить заданную частоту вращения до нуля, оторвать долото от забоя, включить привод ротора, отрегулировать частоту вращения ротора.

### **18) Включены лебедка и регулятор подачи (РПДЭ)**

Одновременное включение приводов лебедки и регулятора подачи является ошибкой, т.к. на обычной буровой установке это невозможно, а конструкция Бурового Имитатора это допускает.

Реакция: сигнал ошибки, прекращение подачи инструмента. Сопутствующие изменения параметров: при бурении уменьшается нагрузка на долото с одновременным уменьшением механической скорости, при приподъеме от забоя в отсутствии вращения нагрузка на долото и вес на крюке не меняются.

Способ устранения: выключить один из приводов, в зависимости от того, что должно работать, лебедка или регулятор.

### **19) Включен РПДЭ, зажат тормоз**

Это сообщение означает, что включен регулятор подачи и зажат тормоз. Торможение барабана лебедки при включенном регуляторе подачи, когда задана нагрузка на долото в режиме «Автомат» или скорость подачи в «Ручном» режиме, является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки, прекращение подачи инструмента, в связи с чем падает нагрузка на долото при бурении.

Способ устранения: снять тормозное усилие или выключить привод РПДЭ.

### **20) Блокирована емкость 2**

Если хотя бы один насос качает раствор из емкости приготовления раствора, раствор из скважины поступает в приемную емкость, а задвижка между емкостями закрыта, то приемная емкость наполняется, тогда как из емкости приготовления раствор выкачивается. Такое состояние считается ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки, уровень в приемной емкости растёт, в емкости приготовления падает.

Способ устранения: открыть задвижку между емкостями.

### **21) Блокированы емкости**

Если в ситуации, описанной выше, закрыта выходная задвижка приемной емкости, то блокируются обе емкости.

Реакция: сигнал ошибки, уровень в приемной емкости растёт, в емкости приготовления падает, но уровень в приемной емкости растёт быстрее.

Способ устранения: установить задвижки в положение, обеспечивающее свободный проход раствора от скважины к насосам.

### **22) Не включен дегазатор**

Если содержание газа в растворе больше нуля, а дегазатор не включен, это считается ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: включить дегазатор.

### **23) Открыта задвижка обратной промывки**

Если в процессе бурения будет открыта задвижка, разделяющая стояк и линию глушения, подача раствора в стояк прекратится, весь раствор уйдет в линию глушения, сопротивление которой меньше.

Реакция: сигнал ошибки, расход в скважину падает до нуля, изменение расхода на выходе падает до нуля, давление на стояке падает до нуля.

Сопутствующие явления: при турбинном бурении произойдет остановка турбобура.

Способ устранения: закрыть задвижку, разделяющую стояк и линию глушения, при турбинном бурении ликвидировать остановку турбобура.

### **24) Обрыв бурильных труб**

Превышение веса на крюке над заданной в сценарии прочностью бурильных труб вызывает обрыв колонны и является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки, уменьшение веса на крюке.

Способ устранения: ошибка считается фатальной (необратимой), поэтому устранить ее нельзя. Учебное задание считается невыполненным. Требуется перезапуск задачи.

### **25) Перегруз клиньев**

Попытка поднять клинья, когда вес на крюке меньше веса колонны считается ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: опустить клинья, набрать вес на крюке до расчетного.

### **26) Падение свечи**

Открытие элеватора со взятой свечой вызывает падение свечи и является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: закрыть элеватор.

### **27) Не разгружена талевая система**

Попытка раскрутить трубы при неразгруженной талевой системе является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: отвести ключ и разгрузить талевую систему (посадить колонну на клинья).

### **28) Ключ не на замке**

Попытка свинчивания (развинчивания) труб, когда замок бурильных труб находится не в зоне ключа, является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: выключить ключ и подвести замок труб в зону ключа.

### **29) Не поднята ведущая труба**

Попытка опустить клинья, когда ведущая труба не поднята над столом ротора, является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: поднять клинья и поднять ведущую трубу (квадрат) над столом ротора (высота талевого блока должна быть больше длины квадрата не более чем на 1 м, на жидкокристаллической мнемосхеме пульта бурильщика должна появиться фигурка «Верхового»).

### **30) Неправильная остановка элеватора**

Попытка закрыть элеватор, когда он не находится на высоте установки ведущей трубы или свечи (имитация свечеподачи), является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: открыть элеватор и поднять или опустить его на нужную высоту (высота квадрата, одной, двух или трех труб). При этом на жидкокристаллической мнемосхеме пульта бурильщика должна появиться фигурка «Верхового».

### **31) Ошибка включения ротора**

Попытка включения ротора, когда колонна стоит на клингах и не взята ведущая труба, является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: выключить ротор.

### **32) Переподъем элеватора**

В настоящей версии тренажера АМТ-221-БУР подъем талевого блока на высоту, большую максимальной длины свечи, считается ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: опустить талевый блок на высоту менее максимальной длины свечи.

### **33) Ключ вращается**

Вращение ключа при операциях, несвязанных со свинчиванием (развинчиванием) инструмента, является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: перевести ключ в нейтральное положение.

### **34) Преждевременное открытие элеватора**

Открытие элеватора, когда свечеподающее устройство не находится в положении «к скважине» или ключ вращается, является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: закрыть элеватор.

### **35) Слом клиньев инструментом**

Попытка закрыть клинья при движущейся вниз колонне, является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: поднять клинья или остановить колонну.

### **36) Ошибка включения насосов**

Включение насоса при ненавернутой ведущей трубе считается ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: выключить насосы, навернуть ведущую трубу.

### **37) Открыта задвижка линии дросселирования**

Открытая задвижка линии дросселирования при спуско-подъемных и бурении операциях является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: закрыть линию дросселирования.

### **38) Нет раствора в доливной емкости**

Отсутствие раствора в доливной емкости (уровень раствора равен 0) является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: в данной версии АМТ-221-БУР эта ситуация устраняется только перезапуском задачи.

### **39) Обрыв талевого каната**

Превышение веса на крюке, с учетом оснастки талевого системы, над максимальным значением прочности каната приводит к разрыву каната и является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: ошибка считается фатальной. Учебное задание не засчитывается. Требуется перезапуск задачи.

### **40) СПУ над устьем**

Ситуация, когда свечеподающее устройство не было переведено в положение «от скважины» после подачи или взятия свечи, является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: перевести свечеподающее устройство в положение «от скважины».

### **41) СПУ подано рано**

Несвоевременная подача свечеподающего устройства в положение «к скважине» (до отвинчивания свечи от колонны) является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: перевести свечеподающее устройство в положение «от скважины».

### **42) Поломка СПУ**

Попытка движения колонны, когда свечеподающее устройство находится в положении «к скважине», является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: прекратить движение колонны или перевести свечеподающее устройство в положение «от скважины».

### **43) Не подана свеча**

Закрытие пустого элеватора, когда не подана свеча, является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: открыть элеватор.

#### **44) Включен привод РПДЭ**

Использование РПДЭ при спуско-подъемных операциях является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: выключить привод РПДЭ.

#### **45) Открыта задвижка между емкостями**

Если в емкостях разная плотность раствора и при этом открыта задвижка между емкостями, то данная ситуация считается ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: закрыть задвижку между емкостями.

#### **46) Не взята ведущая труба (квадрат)**

Ситуация возникает в следующих случаях:

- при попытке включить насосы, не нажав ведущую бурильную трубу (квадрат);
- если вместо ведущей трубы (квадрата) берется простая бурильная труба.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: взять ведущую трубу (квадрат).

#### **47) АКБ не отведен (Ключ на устье)**

Ситуация возникает в следующих случаях:

- при попытке подвести ключ к скважине во время бурения или промывки;
- при попытке подвести ключ к скважине, когда элеватор без колонны труб (без свечи);
- при попытке подвести ключ к скважине, когда элеватор со свечой, но низ свечи находится не в зоне ключа;
- при попытке подвести ключ к скважине, когда колонна труб не на клиньях;

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: отвести ключ от скважины.

#### **48) СПУ не на уровне элеватора**

Ситуация возникает при попытке подать СПУ (свечеподающее устройство) к скважине, когда элеватор находится не на нужном уровне и подать свечу невозможно.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: отвести ключ от скважины.

#### **49) Падение трубы**

Открытие элеватора со взятой трубой вызывает падение трубы и является ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: закрыть элеватор.

#### **50) Открыта линия глушения**

Открытие линии глушения во время процессов бурения или спуско-подъема считается ошибкой.

Реакция: сигнал ошибки.

Способ устранения: закрыть линию глушения.

#### **51) Опасное проявление**

Превышение объема поступившего в скважину флюида свыше критического (критический объем флюида задается в сценарии) считается ошибкой и вызывает ситуацию "Опасное проявление".

Реакция: сигнал ошибки, признаки проявления, объем поступившего в скважину флюида выше критического.

Способ устранения: ликвидация нефтегазопроявления.

**При возникновении вышеперечисленных ошибок осуществляется «наказание» обучаемого штрафным временем**

### ***Фатальные ошибки***

УТК Ликвидация Выброса различает три фатальных (т.е. таких, после которых дальнейшая работа не имеет смысла) ошибки. При регистрации таких ошибок имитатор бурения перестает реагировать на внешние управляющие воздействия и фиксирует невыполнение учебного задания. Рекомендуется выйти из задачи.

#### **1) Разрыв устья**

Эта ситуация распознается при возникновении следующего условия:

$$P_e > P_{у.доп}$$

где  $P_e$  - давление на выходе из скважины, кг/см<sup>2</sup>;  $P_{у,доп}$  - допустимое давление в устьевом оборудовании, кг/см<sup>2</sup>.

## **2) Гидроразрыв пласта**

Эта ситуация распознается при возникновении следующего условия:

$$P_e > P_{гр,доп} ,$$

где  $P_{гр,доп}$  - допустимое давление по гидроразрыву, кг/см<sup>2</sup>;

## **3) Разрыв ОК**

Эта ситуация распознается при возникновении следующего условия:

$$P_e > P_{к,доп} ,$$

где  $P_{к,доп}$  - допустимое давление по прочности ОК, кг/см<sup>2</sup>.

### ***Возможные сценарные аварийные ситуации и осложнения***

В процессе ликвидации нефтегазопроявлений возможно возникновение различных нештатных ситуаций и осложнений, которые способны повлиять на ход выполнения задачи. Возможность имитирования аварийных ситуаций ИМИТАТОРОМ БУРЕНИЯ позволяет научить обучаемого правильному распознаванию подобных ситуаций, а также умению с ними справиться.

ИМИТАТОР БУРЕНИЯ позволяет имитировать для УТК ВЫБРОС следующие нештатные ситуации и осложнения:

- забитие насадки долота;
- забитие двух насадок долота;
- забитие долота;
- промыв насадки долота;
- забитие бурильных труб;
- забитие штуцера;
- промыв штуцера;
- выход из строя насоса;
- падение числа двойных ходов насоса;
- неисправность насоса.

Такие ситуации могут быть созданы инструктором в любой момент работы задачи УТК ВЫБРОС на закладке «АВАРИИ»

нажатием кнопки "Старт". При правильном распознавании ситуации инструктор может снять ситуацию на закладке «АВАРИИ», нажав кнопку "Стоп".

Ниже описаны признаки ситуаций:

**«Забитие насадки долота»** - Ситуация характеризуется следующими основными признаками:

- увеличение давления нагнетания (при работе насосов);
- уменьшение давления на выходе.

Давление нагнетания увеличивается за счет возрастания потерь давления на долоте вследствие уменьшения суммарного сечения отверстий промывочных насадок. Давление на выходе снижается в результате регулирования штуцером (дросселем) снизить давление нагнетания до расчетного. Ситуация может сопровождаться вторичными поступлениями флюида в скважину.

Ликвидация ситуации заключается в своевременном ее распознавании и пересчете расчетного давления нагнетания с учетом возросших потерь в долоте на величину возросших потерь.

**«Забитие двух насадок долота»** - данная ситуация характеризуется теми же причинами и изменениями параметров, что и предыдущая ситуация, однако величина изменений относительно больше, чем в первом случае.

Ликвидация ситуации осуществляется также, как в предыдущем случае. Часто в данной ситуации приходится снижать подачу насосов по сравнению с предыдущей.

**«Забитие долота»** - данная ситуация характеризуется быстрым увеличением давления нагнетания (при работе насосов) вплоть до перегруза насоса.

Ликвидация аварии в реальных условиях сводится к взрыву у долота кумулятивного заряда небольшой мощности с целью очистить насадки долота. Если это не помогает, обычно производится перфорация бурильной колонны как можно ниже с целью восстановления циркуляции. А если и это не помогло, то переходят к задавливанию флюида обратно в пласт.

**«Забитие бурильной колонны»** - эта ситуация характеризуется теми же причинами и изменениями параметров, что и предыдущая ситуация.

Ликвидация ситуации осуществляется так же, как в предыдущем случае.

**«Промыв насадки долота»** - Ситуация характеризуется следующими основными признаками:

- уменьшение давления нагнетания (при работе насосов);
- увеличения давления на выходе.

Давление нагнетания уменьшается за счет снижения потерь давления на долоте вследствие увеличения суммарного сечения отверстий промывочных сопел. Давление на выходе повышается в результате регулирования штуцером (дросселем) при попытке повысить давление нагнетания до расчетного. Если потери давления на долоте были не большими, то изменения давления в результате промыва насадки будут не существенными.

Ликвидация ситуации заключается в своевременном ее распознавании и пересчете расчетного давления нагнетания с учетом снизившихся потерь в долоте на величину снижения потерь.

**«Забитие дресселя»** - данная ситуация характеризуется следующими основными признаками:

- быстрое увеличение давления нагнетания (при работе насосов) вплоть до перегруза насоса;
- быстрое увеличение давления на выходе (при работе насосов);
- отсутствует или почти отсутствует расход на выходе из скважины;
- регулирование штуцером (дросселем) не приводит к снижению давлений.

Ликвидация данной ситуации в реальных условиях и в условиях тренажера сводится к переходу на работу со вторым дресселем.

**«Промыв дресселя»** - Ситуация характеризуется следующими основными признаками:

- снижение давления нагнетания (при работе насосов);
- снижение давления на выходе (при работе насосов);
- увеличение расхода на выходе из скважины при неизменном диаметре раскрытия дресселя;

- регулирование штуцером (дросселем) вплоть до его полного закрытия не приводит к повышению давлений до расчетных.

Ликвидация ситуации в реальных условиях и в условиях тренажера сводится к переходу на работу со вторым дросселем.

**«Выход из строя насоса»** - данная ситуация характеризуется следующими основными признаками:

- снижение давления на входе (при работе насосов);
- снижение давления на выходе (при работе насосов);
- отсутствует расход на входе в скважину;
- показания количества двойных ходов насосов равны нулю;
- регулирование штуцером (дросселем) вплоть до его полного закрытия не приводит к повышению давлений до расчетных.

Ликвидация ситуации в реальных условиях и в условиях тренажера сводится к переходу на работу со вторым насосом или к ликвидации нефтегазопроявления по методу контроля на устье всплывающего газа путем периодического выпуска порций раствора через дроссель до восстановления работы насосов.

**«Падение числа двойных ходов насоса»** - ситуация характеризуется следующими основными признаками:

- снижение давления на входе (при работе насосов);
- снижение давления на выходе (при работе насосов);
- снижение расхода на входе в скважину;
- снижение показаний числа двойных насосов.

Ликвидация ситуации в реальных условиях и в условиях тренажера сводится к повышению числа двойных ходов до прежнего уровня или к переходу на работу со вторым насосом, или осуществляется пересчет расчетных давлений в соответствии с новым выбранным значением числа двойных ходов насоса.

**«Неисправность насоса»** - ситуация характеризуется следующими основными признаками:

- снижение давления на входе (при работе насосов);
- снижение давления на выходе (при работе насосов);
- снижение расхода на входе в скважину при неизменном значении числа двойных ходов насоса.

Ликвидация ситуации в реальных условиях и в условиях тренажера сводится к переходу на работу со вторым насосом или к повышению числа двойных ходов насоса и вывод расхода на входе до прежнего уровня или осуществляется пересчет расчетных давлений в соответствии с новым выбранным значением расхода на входе.

## **Лабораторная работа 2**

### **ПРОВЕДЕНИЕ СПУСКО-ПОДЪЕМНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

В случае возникновения проявления во время спуско-подъемных операций, когда долото находится не на забое скважины или бурильная колонна полностью поднята на поверхность, в компоновку труб устанавливается обратный клапан и производится попытка осуществить спуск инструмента при открытом устье как можно ближе к забою с целью осуществить промывку скважины. Если перелив раствора на устье становится слишком интенсивным, то превентор закрывается и продолжается спуск бурильных труб под давлением.

В процессе спуска (подъема) труб под давлением бурильщик осуществляет постоянный контроль за показаниями индикаторов веса и давления в кольцевом (затрубном) пространстве, что позволяет ему оценивать состояние скважины. Для поддержания постоянного давления в кольцевом (затрубном) пространстве и во избежание поглощения при спуске, необходимо стравливать избыточное давление через дроссель (штуцер). Величина объема стравливаемого раствора должна равняться объему спущенных труб. Если давление в кольцевом (затрубном) пространстве очень высокое, то может происходить выталкивание бурильной колонны из скважины, тем самым, препятствуя спуску колонны. Для спуска колонны вниз под собственным весом необходимо, чтобы вес бурильной колонны превышал выталкивающую силу. В противном случае применяется принудительный спуск через закрытый превентор.

В случае если во время спуска инструмента под давлением происходит миграция газа и увеличение давления на устье,

необходимо перейти к реализации объемного метода глушения скважин.

Постоянное наблюдение за положением талевого блока, замков бурильной колонны и величиной скорости спуска-подъема инструмента способствует предупреждению аварийных и нестандартных ситуаций и своевременному воздействию бурильщиком на органы управления. В процессе спуска в компоновку бурильной колонны устанавливается обратный клапан для предотвращения перелива бурового раствора из бурильных труб. Конструкция превенторной установки должна обеспечивать возможность снижения давления в линии закрытия превентора (вплоть до пропускания раствора) с целью снижения сил трения между бурильными трубами и плашками превенторов, вызывающими при движении бурильной колонны повышенный износ плашек. Для снижения сил трения также применяют различные смазывающие материалы и ограничение скорости спуска (подъема). Рекомендуемая скорость спуска/подъема бурильной колонны не должна превышать **0,3 м/с**.

Спуско-подъемные операции под давлением осуществляются следующими способами:

- спуск (подъем) бурильных труб через закрытый универсальный превентор;
- спуск (подъем) бурильных труб с перехватом через два плашечных превентора (возможна комбинация из плашечного и универсального превенторов);

Задача **“СПО под давлением”** тренажера-имитатора бурения обеспечивает:

- практическое обучение управлению буровой установкой в процессе спуска или подъема бурового инструмента под давлением.
- обучение распознаванию осложнений и аварийных ситуаций.
- привитие навыков быстрого и безаварийного проведения спуско-подъемных операций под давлением через закрытый универсальный превентор.

- привитие навыков быстрого и безаварийного проведения спуско-подъемных операций под давлением с перехватом через два превентора.

### ***Имитация СПО под давлением***

Задача “Имитация СПО под давлением” позволяет имитировать процессы спуска или подъема колонны бурильных труб под давлением при закрытых превенторах и предназначена для отработки у обучаемого навыков проведения спуско-подъемных операций под давлением.

Работа обучаемого в задаче “**Имитация СПО под давлением**” не оценивается, фиксируются только допущенные ошибки.

“**Имитация СПО под давлением**” не является самостоятельной задачей, а является частью модели «**Имитация СПО**». Поэтому для запуска задачи необходимо запустить задачу «**Имитация СПО**» и установить на старте органы управления тренажера в исходное положение, как описано в руководстве к данной задаче, создав при этом условия для проявления (например, задать на старте задачи плотность раствора, которая создавала бы на забое давление ниже пластового).

После старта задачи нужно убедиться, что имеет место быть ситуация «**проявление**» и перейти к выполнению учебной задачи «**Имитация СПО под давлением**».

Учебное задание может заключаться в следующем:

- спуск под давлением через закрытый универсальный превентор;
- подъем под давлением через закрытый универсальный превентор;
- спуск под давлением с перехватом через два плашечных превентора;
- подъем под давлением с перехватом через два плашечных превентора.

## ***Спуск инструмента под давлением через универсальный превентор***

Перед началом выполнения данного задания необходимо выполнить следующие действия:

- закрыть задвижку долива раствора в скважину, если она открыта, так как доливающийся раствор может вызывать перелив раствора и рост уровня в приемных емкостях, создавая «иллюзию «проявления»;

- убедиться в наличии на скважине ситуации «проявление».

Признаками **ГНВП** являются постоянный рост уровня раствора в приемных емкостях, наличие расхода на выходе (перелива раствора) до начала спуска или подъема инструмента. При подъеме инструмента из скважины требуемый объем долива раствора меньше объема поднятых труб. При спуске инструмента объем вытесняемого из скважины раствора больше объема спущенных труб.

Далее закрываем скважину.

- если присоединена ведущая труба - открутить ее. Установить колонну на клинья. Замок трубы должен находиться в зоне бурового ключа. Элеватор поднять на высоту захвата очередной свечи (фигурка верхового на жидкокристаллическом экране должна быть окрашена в зеленый цвет).

- установить в бурильные трубы обратный клапан (щелкаем правой кнопкой мыши, далее в появившемся меню выбираем пункт «Запуск аварийных ситуаций» и далее запускаем ситуацию «установлен обратный клапан в БТ» или задаем данную ситуацию в Сценарии);

- убедиться, что выключены ротор, лебедка, РПДЭ (регулятор подачи долота) и все насосы; буровой ключ и свечеподающее устройство должны находиться в положении от скважины;

- убедиться, что закрыты задвижки линии глушения;

- открыть гидравлическую и ручную задвижки верхней линии дросселирования через которую будет стравливаться избыточное давление;

- закрыть задвижки нижней (запасной) линии дросселирования;
- открыть задвижку линии дросселирования на блоке дросселирования;
- открыть задвижку сброса в сепаратор на блоке дросселирования;
- открыть входную и выходную задвижку дросселя 1 или 2 на блоке дросселирования. Приоткрыть дроссель;
- закрыть скважину универсальным превентором; дроссель в момент закрытия превентора должен быть открыт;
- плавно закрыть дроссель на блоке дросселирования;
- выждать 5-10 минут для выравнивания забойного и пластового давлений. Записать показания манометров в кольцевом (затрубном) пространстве Ркп. изб.

***Спуск колонны бурильных труб под давлением*** через универсальный превентор разбивается на несколько повторяющихся операций:

- подача и захват свечи элеватором;
- свинчивание свечи;
- подхват бурильной колонны;
- поднятие клиньев ротора;
- спуск колонны на длину свечи;
- постановка колонны на клинья ротора;
- разгрузка талевой системы;
- открытие элеватора;
- подъем незагруженного элеватора;

***Подача и захват свечи***

Подача и захват свечи элеватором включает следующую последовательность действий:

- СПУ подается к скважине;
- закрывается элеватор, при этом на жидкокристаллической мнемосхеме пульта бурильщика отражается закрытое состояние элеватора;
- СПУ отводится от скважины

### ***Свинчивание свечи***

Свинчивание свечи включает следующую последовательность действий:

- буровой ключ подается “К скважине”;
- рукоятка включения ключа переводится в положение “Свинчивание”, по окончании свинчивания на жидкокристаллическом экране отображается собранное состояние бурильной колонны (колонна собрана);

- рукоятка включения ключа переводится в нейтральное положение;

- буровой ключ отводится от скважины.

### ***Подхват бурильной колонны***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- включается лебедка;

- отжимается тормоз лебедки;

- контролируются показания датчика веса на крюке;

- при весе на крюке большем веса колонны, тормоз лебедки зажимается, лебедка выключается.

### ***Поднятие клиньев ротора***

Эта операция подразумевает перевод педали клиньев ротора в верхнее положение, при этом на жидкокристаллической мнемосхеме пульта бурильщика отображается поднятое состояние клиньев ротора (клинья подняты).

### ***Спуск колонны на длину свечи***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- давление в системе управления универсального превентора снижается так, чтобы через уплотнительные элементы универсального превентора «просачивался бы буровой раствор». В каждом конкретном случае это будет разное давление. В нашем случае возьмем значение 20-35 кг/см<sup>2</sup> (это можно выполнить только для полнокомплектного тренажера) Просачивающийся раствор оказывает смазывающее действие позволяет снизить трение между бурильной колонной и плашками превентора;

- вращение лебедки переводится в положение “ВЫКЛ.”;

- отжимается тормоз лебедки;
- по приборам контролируются положение талевого блока и замка бурильной колонны, значения скорости подачи, веса на крюке, давления в кольцевом (затрубном) пространстве;

- скорость спуска бурильной колонны не должна превышать 0,3 м/с. При превышении данного значения скорости подачи возникает повышенный износ плашек универсального превентора и тренажер фиксирует соответствующую ошибку;

- при приближении замка бурильной колонны к плашкам универсального превентора скорость спуска снижается и замок медленно проводится через уплотнительные элементы универсального превентора. При этом возможно незначительное снижение показания веса на крюке, а в системе управления превентором небольшой скачок давления вверх. На плавающей буровой установке, подверженной качке, проводить замок через уплотнительный элемент рекомендуется быстро во избежание действия реактивных сил.

- в процессе спуска бурильной колонны в закрытую скважину происходит рост избыточного давления в кольцевом (затрубном) пространстве. Для поддержания постоянного давления в **КП** и на забое, и во избежание поглощения при спуске избыточное давление стравливается через дроссель (штуцер). Величина объема стравливаемого раствора должна равняться объему спущенных труб.

- если давление в кольцевом (затрубном) пространстве очень высокое, то может происходить выталкивание бурильной колонны из скважины, тем самым, препятствуя спуску колонны. Для спуска колонны вниз под собственным весом необходимо, чтобы вес бурильной колонны превышал выталкивающую силу.

- при достижении талевым блоком высоты 0-1м зажимается тормоз лебедки

- (при этом на жидкокристаллическом экране фигурка “**Верхового**” меняется с красного на зеленый цвет).

### ***Постановка колонны на клинья ротора***

Эта операция заключается в переводе педали клиньев ротора в нижнее положение (опускаются клинья ротора) при этом на

жидкокристаллическом экране пульта бурильщика должно отобразиться закрытое состояния клиньев ротора.

#### ***Разгрузка талевой системы***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- отжимается тормоз лебедки, по показывающему прибору веса на крюке контролируется разгрузка талевой системы;
- при показаниях датчика веса на крюке, соответствующих весу элеватора и талевой системы, зажимается тормоз лебедки.

#### ***Открытие элеватора***

Эта операция заключается в том, чтобы открыть элеватор. При этом на жидкокристаллическом экране пульта бурильщика отображается открытое состояние элеватора.

#### ***Подъем незагруженного элеватора***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- лебедка переводится во включенное положение;
- отжимается тормоз лебедки;
- скорость подъема элеватора регулируется изменениями положения ручки газа;
- по жидкокристаллическому экрану пульта бурильщика контролируется положение талевого блока;
- при достижении элеватором высоты захвата очередной свечи, выключается лебедка, зажимается тормоз лебедки (при этом на жидкокристаллическом экране пульта бурильщика фигурка “Верхового” меняется с красного на зеленый цвет).

После этого цикл операций повторяется, начиная с операции “подача и захват свечи элеватором”.

#### ***Подъем инструмента под давлением через универсальный превентор***

Перед началом выполнения данного задания необходимо выполнить следующие действия:

- закрыть задвижку долива раствора в скважину, если она открыта, так как доливающийся раствор может вызывать перелив раствора и рост уровня в приемных емкостях, создавая «иллюзию «проявления»;

- убедиться в наличии на скважине ситуации «проявление».

Признаками **ГНВП** являются постоянный рост уровня раствора в приемных емкостях, наличие расхода на выходе (перелива раствора) до начала спуска или подъема инструмента. При подъеме инструмента из скважины требуемый объем долива раствора меньше объема поднятых труб. При спуске инструмента объем вытесняемого из скважины раствора больше объема спущенных труб.

Далее закрываем скважину.

- если присоединена ведущая труба - открутить ее. Установить колонну на клинья. Замок трубы должен находиться в зоне бурового ключа.

- установить в бурильные трубы обратный клапан (щелкаем правой кнопкой мыши, далее в появившемся меню выбираем пункт **«Запуск аварийных ситуаций»** и далее запускаем ситуацию **«установлен обратный клапан в БТ»** или задаем данную ситуацию в Сценарии);

- убедиться, что выключены ротор, лебедка, **РПДЭ** (регулятор подачи долота) и все насосы. Буровой ключ и свечеподающее устройство должны находиться в положении от скважины;

- убедиться, что закрыты задвижки линии глушения;

- открыть гидравлическую и ручную задвижки верхней линии дросселирования, через которую будет стравливаться избыточное давление;

- закрыть задвижки нижней (запасной) линии дросселирования;

- открыть задвижку линии дросселирования на блоке дросселирования;

- открыть задвижку сброса в сепаратор на блоке дросселирования;

- открыть входную и выходную задвижку дросселя 1 или 2 на блоке дросселирования. Приоткрыть дроссель;

- закрыть скважину универсальным превентором. Дроссель в момент закрытия превентора должен быть открыт;

- плавно закрыть дроссель на блоке дросселирования;

- выждать 5-10 минут для выравнивания забойного и пластового давлений. Записать показания манометров в кольцевом (затрубном) пространстве Ркп. изб.

**Подъем колонны бурильных труб под давлением через универсальный превентор** разбивается на несколько повторяющихся операций:

- спуск незагруженного элеватора;
- захват элеватором бурильной колонны;
- разгон с подхватом колонны бурильных труб;
- поднятие клиньев ротора.
- подъем колонны на длину свечи;
- постановка колонны на клинья ротора;
- разгрузка талевого системы;
- отвинчивание свечи;
- установка отвинченной свечи на подсвечник;

#### ***Спуск незагруженного элеватора***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- отжимается тормоз лебедки;
- по показаниям жидкокристаллического экрана отслеживается положение талевого блока и его высота;
- при достижении талевым блоком высоты 0-1 м тормоз лебедки зажимается (при этом на жидкокристаллическом экране пульта бурильщика фигурка “Верхового” меняется с красного на зеленый цвет).

#### ***Захват элеватором бурильной колонны***

Эта операция заключается в том, чтобы закрыть элеватор. При этом на жидкокристаллическом экране пульта бурильщика отражается закрытое состояние элеватора.

#### ***Разгон с подхватом колонны бурильных труб***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- включается лебедка;
- отжимается тормоз лебедки;
- в процессе набора веса контролируются показания датчика веса;

- при значении веса на крюке больше веса колонны поднимаются клинья ротора.

### ***Поднятие клиньев ротора***

Эта операция заключается в переводе педали клиньев ротора в положение «подняты». При этом на жидкокристаллическом экране пульта бурильщика отражается поднятое состояние клиньев ротора.

### ***Подъем колонны на длину свечи***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- давление в системе управления универсального превентора снижается так, чтобы через уплотнительные элементы универсального превентора «просачивался бы буровой раствор». В каждом конкретном случае это будет разное давление. В нашем случае возьмем значение 20-35 кг/см<sup>2</sup> (это можно выполнить только для полнокомплектного тренажера) Просачивающийся раствор оказывает смазывающее действие позволяет снизить трение между бурильной колонной и плашками превентора;

- включается нужная передача;
- включается привод лебедки и добавляются обороты вала двигателя при помощи ручки газа;
- отжимается тормоз лебедки;
- скорость подъема инструмента регулируется при помощи ручки газа;

- по приборам контролируются положение талевого блока и замка бурильной колонны, значения скорости подачи, веса на крюке, давления в кольцевом (затрубном) пространстве;

- скорость подъема бурильной колонны не должна превышать 0,3 м/с. При превышении данного значения скорости подъема возникает повышенный износ плашек универсального превентора и тренажер фиксирует соответствующую ошибку;

- при приближении замка бурильной колонны к плашкам универсального превентора скорость подъема снижается и замок медленно проводится через уплотнительные элементы универсального превентора. При этом возможно незначительное увеличение показания веса на крюке, а в системе управления превентором небольшой скачок давления вверх. На плавающей

буровой установке, подверженной качке, проводить замок через уплотнительный элемент рекомендуется быстро во избежание действия реактивных сил.

- в процессе подъема бурильной колонны из закрытой скважины происходит снижение избыточного давления в кольцевом (затрубном) пространстве.

Для поддержания постоянного давления в КП и на забое, и во избежание проявления избыточное давление в скважине поддерживается закачиванием раствора в кольцевое пространство при помощи насосного агрегата подсоединенного через задвижки «глушения» и «**подсоединения насосного агрегата**». Величина объема закачанного насосным агрегатом раствора должна равняться объему поднятых труб.

- если давление в кольцевом (затрубном) пространстве очень высокое, то может происходить выталкивание бурильной колонны из скважины, тем самым, препятствуя нормальному подъему колонны. Необходимо, чтобы вес бурильной колонны превышал выталкивающую силу.

- по жидкокристаллическому экрану на пульте бурильщика контролируется положение талевого блока;

- при достижении замка-стыка свечей рабочей зоны ключа, а талевым блоком высоты равной высоте рабочей свечи (при этом на жидкокристаллическом экране на пульте бурильщика фигурка **верхового** меняется с красного на зеленый цвет), выключается вращение лебедки и зажимается ленточный тормоз.

Примечание 1: Рабочая зона ключа в тренажере-имитаторе равна 0-1м над столом ротор

### ***Постановка колонны на клинья ротора***

Эта операция включает в себя следующее действие:

- педаль клиньев ротора переключается в положение «Опущены», при этом на индикационной жидкокристаллической мнемосхеме появляются опущенные клинья ротора.

### ***Разрузка талевой системы***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- отжимается тормоз лебедки, по показывающему прибору веса на крюке контролируется разгрузка талевой системы;
- при показаниях датчика веса на крюке, соответствующих весу элеватора и талевой системы - тормоз лебедки зажимается.

### ***Отвинчивание свечи***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- подается буровой ключ «К скважине»;
- рукоятка включения ключа переводится в положение «Развинчивание», по окончании развинчивания на жидкокристаллическом мониторе появляется развинченная колонна;
- рукоятка включения ключа переводится в нейтральное положение;
- буровой ключ переводится в положение «От скважины».

### ***Установка отвинченной свечи на подсвечник***

Эта операция заключается в том, чтобы:

- СПУ переводится в положение «К скважине»;
- открывается элеватор, при этом на жидкокристаллическом мониторе пульта бурильщика отображается открытое состояние элеватора;
- СПУ отводится «От скважины» (свеча должна исчезнуть с жидкокристаллического экрана).

После этого цикл операций повторяется, начиная с операции «спуск незагруженного элеватора».

## ***Спуск инструмента под давлением с перехватом через два преветора***

Перед началом выполнения данного задания необходимо выполнить следующие действия:

- закрыть задвижку долива раствора в скважину, если она открыта, так как доливающийся раствор может вызывать перелив раствора и рост уровня в приемных емкостях, создавая «иллюзию «проявления»;
- убедиться в наличии на скважине ситуации «проявление».

Признаками **ГНВП** являются постоянный рост уровня раствора в приемных емкостях, наличие расхода на выходе (перелива раствора) до начала спуска или подъема инструмента. При

подъеме инструмента из скважины требуемый объем долива раствора меньше объема поднятых труб. При спуске инструмента объем вытесняемого из скважины раствора больше объема спущенных труб.

Далее закрываем скважину.

- если присоединена ведущая труба - открутить ее. Установить колонну на клинья. Замок трубы должен находиться в зоне бурового ключа. Элеватор поднять на высоту захвата очередной свечи (фигурка верхового на жидкокристаллическом экране должна быть окрашена в зеленый цвет).

- установить в бурильные трубы обратный клапан (щелкаем правой кнопкой мыши, далее в появившемся меню выбираем пункт «Запуск аварийных ситуаций» и далее запускаем ситуацию «установлен обратный клапан в БТ» или задаем данную ситуацию в Сценарии);

- убедиться, что выключены ротор, лебедка, РПДЭ и все насосы. Буровой ключ и свече-подающее устройство должны находиться в положении от скважины;

- открыть гидравлическую и ручную задвижки верхней линии глушения через которую будет закачиваться раствор от насосного агрегата;

- убедиться, что закрыты задвижки нижней (запасной) линии глушения;

- открыть задвижку «подсоединения насосного агрегата».

- убедиться, что закрыты задвижки линии сброса и обратной промывки на блоке манифольда;

- открыть гидравлическую и ручную задвижки верхней линии дросселирования через которую будет стравливаться избыточное давление;

- закрыть задвижки нижней (запасной) линии дросселирования;

- открыть задвижку линии дросселирования на блоке дросселирования;

- открыть задвижку сброса в сепаратор на блоке дросселирования;

- открыть входную и выходную задвижку дросселя 1 или 2 на блоке дросселирования. Приоткрыть дроссель;
- закрыть скважину верхним плащечным превентором. Дроссель в момент закрытия превентора должен быть открыт;
- плавно закрыть дроссель на блоке дросселирования;
- выждать 5-10 минут для выравнивания забойного и пластового давлений. Записать показания манометров в кольцевом (затрубном) пространстве Ркп. изб.

***Спуск колонны бурильных труб под давлением с перехватом через два превентора*** разбивается на несколько повторяющихся операций:

- подача и захват свечи элеватором;
- свинчивание свечи;
- подхват бурильной колонны;
- поднятие клиньев ротора;
- спуск колонны на длину свечи;
- постановка колонны на клинья ротора;
- разгрузка талевого системы;
- открытие элеватора;
- подъем незагруженного элеватора.

***Подача и захват свечи элеватором***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- СПУ подается к скважине;
- закрывается элеватор, при этом на жидкокристаллической мнемосхеме пульта бурильщика отражается закрытое состояние элеватора;
- СПУ отводится от скважины.

***Свинчивание свечи***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- буровой ключ подается «К скважине»;
- рукоятка включения ключа переводится в положение «Свинчивание», по окончании свинчивания на жидкокристаллическом экране отображается собранное состояние бурильной колонны (колонна собрана);

- рукоятка включения ключа переводится в нейтральное положение;

- буровой ключ отводится от скважины.

#### ***Подхват бурильной колонны***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- включается лебедка;

- отжимается тормоз лебедки;

- контролируются показания датчика веса на крюке;

- при весе на крюке большем веса колонны, тормоз лебедки зажимается, лебедка выключается.

#### ***Поднятие клиньев ротора***

Эта операция подразумевает перевод педали клиньев ротора в верхнее положение, при этом на жидкокристаллической мнемосхеме пульта бурильщика отображается поднятое состояние клиньев ротора (клинья подняты).

#### ***Спуск колонны на длину свечи***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- выбираются два плашечных превентора через которые предполагается производить спуск.

- проверяется, что верхний превентор из двух выбранных плашечных превенторов закрыт. Если он не закрыт, то закрывается.

- если имеется возможность и система управления превенторами поддерживает такую функцию, давление закрытия плашечных превенторов снижается до 30-40 кг/см<sup>2</sup> (система управления превенторами тренажераимитатора АМТ не поддерживает эту функцию). Сниженное давление закрытия превенторов позволяет снизить трение между бурильной колонной и плашками превентора;

- вращение лебедки переводится в положение «ВЫКЛ»;

- отжимается тормоз лебедки и начинается спуск;

- по приборам контролируются положение талевого блока и замка бурильной колонны, значения скорости подачи, веса на крюке, давления в кольцевом (затрубном) пространстве;

- скорость спуска бурильной колонны не должна превышать 0,3 м/с. При превышении данного значения скорости подачи возникает повышенный износ плашек превентора и тренажер фиксирует соответствующую ошибку;

- в процессе спуска бурильной колонны в закрытую скважину происходит рост избыточного давления в кольцевом (затрубном) пространстве. Для поддержания постоянного давления в КП и на забое, и во избежание поглощения при спуске избыточное давление стравливается через дроссель (штуцер). Величина объема стравливаемого раствора должна равняться объему спущенных труб;

- если давление в кольцевом (затрубном) пространстве очень высокое, то может происходить выталкивание бурильной колонны из скважины, тем самым, препятствуя спуску колонны. Для спуска колонны вниз под собственным весом необходимо, чтобы вес бурильной колонны превышал выталкивающую силу;

- при приближении замка бурильной колонны к плашкам превентора скорость спуска замедляется. Когда расстояние от замка бурильной трубы до верхнего плашечного превентора станет равным 60 см, колонна останавливается зажатием тормоза лебедки (на морской буровой расстояние от замка до превентора определяется в соответствии с состоянием моря). Если колонна остановлена неправильно и произошла посадка колонны на плашки, то выдается соответствующая ошибка. Посадка (разгрузка) колоны на плашки превентора фиксируется по снижению веса на крюке;

- закрывается нижний плашечный превентор. Если в момент закрытия превентора замок оказался в зоне плашек превентора, то выдается соответствующая ошибка;

- через дроссель, откручивая его против часовой стрелки, стравливается давление между превенторами. Сброс давления фиксируем по манометру на блоке дросселирования и верхнему манометру на устьевом оборудовании;

- открывается верхний плашечный превентор;

- отжимается тормоз лебедки и начинается спуск бурильной колонны, примерно на 1,5 метра, так, чтобы замок трубы оказался между двумя превенторами. Зажимается тормоз лебедки. Если колонна остановлена неправильно и произошла посадка колонны на

плашки, то выдается соответствующая ошибка. Посадка (разгрузка) колонны на плашки превентора фиксируется по снижению веса на крюке;

- закрывается верхний плащечный превентор. Если в момент закрытия превентора замок оказался в зоне плашек превентора, то выдается соответствующая ошибка;

- при помощи насосного агрегата, подсоединенного через задвижку подсоединения насосного агрегата на посту манифольда, на первой скорости, включив привод насосного агрегата и увеличив ручкой газа обороты вала двигателя, увеличивается давление между превенторами до уровня давления в скважине, которое определяется по нижнему манометру на устьевом оборудовании;

- когда на устьевом оборудовании давления на верхнем и нижнем манометре выравниваются, это значит, что давление между превенторами сравнялось с давлением в скважине. Насосный агрегат выключается;

- открывается нижний плащечный превентор;

- отжимается тормоз лебедки и продолжается спуск до достижения следующим замком верхнего плащечного превентора;

- изложенная выше последовательность действий повторяется для каждого замка спускаемой в скважину свечи;

- при достижении талевым блоком высоты 0-1м зажимается тормоз лебедки (при этом на жидкокристаллическом экране пульта бурильщика фигурка **верхового** меняется с красного на зеленый цвет).

### ***Постановка колонны на клинья ротора***

Эта операция заключается в переводе педали клиньев ротора в нижнее положение (опускаются клинья ротора) при этом на жидкокристаллическом экране пульта бурильщика должно отобразиться закрытое состояния клиньев ротора.

### ***Разгрузка талевой системы***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- отжимается тормоз лебедки, по показывающему прибору веса на крюке контролируется разгрузка талевой системы;

- при показаниях датчика веса на крюке, соответствующих весу элеватора и талевой системы, зажимается тормоз лебедки.

### ***Открытие элеватора***

Эта операция заключается в том, чтобы открыть элеватор. При этом на жидкокристаллическом экране пульта бурильщика отображается открытое состояние элеватора.

### ***Подъем незагруженного элеватора***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- лебедка переводится во включенное положение;
- отжимается тормоз лебедки;
- скорость подъема элеватора регулируется изменениями положения ручки газа;
- по жидкокристаллическому экрану пульта бурильщика контролируется положение талевого блока;
- при достижении элеватором высоты захвата очередной свечи, выключается лебедка, зажимается тормоз лебедки (при этом на жидкокристаллическом экране пульта бурильщика фигурка **верхового** меняется с красного на зеленый цвет).

После этого цикл операций повторяется, начиная с операции «подача и захват свечи элеватором».

### ***Подъем инструмента под давлением с перехватом через два преветора***

Перед началом выполнения данного задания необходимо выполнить следующие действия:

- закрыть задвижку долива раствора в скважину, если она открыта, так как доливающийся раствор может вызывать перелив раствора и рост уровня в приемных емкостях, создавая «иллюзию «проявления»;
- убедиться в наличии на скважине ситуации «проявление».

Признаками **ГНВП** являются постоянный рост уровня раствора в приемных емкостях, наличие расхода на выходе (перелива раствора) до начала спуска или подъема инструмента. При подъеме инструмента из скважины требуемый объем долива раствора меньше объема поднятых труб. При спуске инструмента

объем вытесняемого из скважины раствора больше объема спущенных труб. Далее закрываем скважину.

- если присоединена ведущая труба - открутить ее. Установить колонну на клинья. Замок трубы должен находиться в зоне бурового ключа.

- установить в бурильные трубы обратный клапан (щелкаем правой кнопкой мыши, далее в появившемся меню выбираем пункт «**Запуск аварийных ситуаций**» и далее запускаем ситуацию «**установлен обратный клапан в БТ**» или задаем данную ситуацию в **Сценарии**);

- убедиться, что выключены ротор, лебедка, **РПДЭ** и все насосы. Буровой ключ и свече-подающее устройство должны находиться в положении от скважины;

- открыть гидравлическую и ручную задвижки верхней линии глушения через которую будет закачиваться раствор от насосного агрегата;

- убедиться, что закрыты задвижки нижней (запасной) линии глушения;

- открыть задвижку «подсоединения насосного агрегата».

- убедиться, что закрыты задвижки линии сброса и обратной промывки на блоке манифольда;

- открыть гидравлическую и ручную задвижки верхней линии дросселирования через которую будет стравливаться избыточное давление;

- закрыть задвижки нижней (запасной) линии дросселирования;

- открыть задвижку линии дросселирования на блоке дросселирования;

- открыть задвижку сброса в сепаратор на блоке дросселирования;

- открыть входную и выходную задвижку дросселя 1 или 2 на блоке дросселирования. Приоткрыть дроссель;

- закрыть скважину универсальным превентором. Дроссель в момент закрытия превентора должен быть открыт;

- плавно закрыть дроссель на блоке дросселирования;

- выждать 5-10 минут для выравнивания забойного и пластового давлений. Записать показания манометров в кольцевом (затрубном) пространстве Ркп. изб.

***Подъем колонны бурильных труб под давлением с перехватом через два превентора*** разбивается на несколько повторяющихся операций:

- спуск незагруженного элеватора;
- захват элеватором бурильной колонны;
- разгон с подхватом колонны бурильных труб;
- поднятие клиньев ротора.
- подъем колонны на длину свечи;
- постановка колонны на клинья ротора;
- разгрузка талевого системы;
- отвинчивание свечи;
- установка отвинченной свечи на подсвечник;

***Спуск незагруженного элеватора***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- отжимается тормоз лебедки;
- по показаниям жидкокристаллического экрана отслеживается положение талевого блока и его высота;
- при достижении талевым блоком высоты 0-1 м тормоз лебедки зажимается (при этом на жидкокристаллическом экране цвет фигурки верхового меняется с красного на зеленый).

***Захват элеватором бурильной колонны***

Эта операция заключается в том, чтобы закрыть элеватор. При этом на жидкокристаллическом экране пульта бурильщика отражается закрытое состояние элеватора.

***Разгон с подхватом колонны бурильных труб***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- включается лебедка;
- отжимается тормоз лебедки;
- в процессе набора веса контролируются показания датчика веса;

- при значении веса на крюке больше веса колонны поднимаются клинья ротора.

### ***Поднятие клиньев ротора***

Эта операция заключается в переводе педали клиньев ротора в положение “поднять”. При этом на жидкокристаллическом экране пульта бурильщика отражается поднятое состояние клиньев ротора.

### ***Подъем колонны на длину свечи***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- выбираются два плашечных превентора через которые предполагается производить подъем.

- проверяется, что нижний превентор из двух выбранных плашечных превенторов закрыт. Если он не закрыт, то закрывается;

- если имеется возможность и система управления превенторами поддерживает такую функцию, давление закрытия плашечных превенторов снижается до 30-40 кг/см<sup>2</sup> (система управления превенторами тренажера АМТ не поддерживает эту функцию). Сниженное давление закрытия превенторов позволяет снизить трение между бурильной колонной и плашками превентора;

- включается нужная передача;

- включается привод лебедки и добавляются обороты вала двигателя при помощи ручки газа;

- отжимается тормоз лебедки;

- скорость подъема инструмента регулируется при помощи ручки газа;

- по приборам контролируются положение талевого блока и замка бурильной колонны, значения скорости подачи, веса на крюке, давления в кольцевом (затрубном) пространстве;

- скорость подъема бурильной колонны не должна превышать 0,3 м/с. При превышении данного значения скорости подъема возникает повышенный износ плашек превентора и тренажер фиксирует соответствующую ошибку;

- в процессе подъема бурильной колонны из закрытой скважины происходит снижение избыточного давления в кольцевом (затрубном) пространстве. Для поддержания постоянного давления в **КП** и на забое, и во избежание проявления при подъеме, избыточное

давление в скважине поддерживается закачиванием раствора в кольцевое пространство при помощи насосного агрегата подсоединенного через задвижки «глушения» и «подсоединения насосного агрегата». Величина объема закачанного насосным агрегатом раствора должна равняться объему поднятых труб.

- если давление в кольцевом (затрубном) пространстве очень высокое, то может происходить выталкивание бурильной колонны из скважины, тем самым, препятствуя нормальному подъему колонны. Необходимо, чтобы вес бурильной колонны превышал выталкивающую силу.

- при приближении замка бурильной колонны к плашкам превентора скорость подъема замедляется. Когда расстояние от замка бурильной трубы до нижнего плашечного превентора станет равным 60 см, колонна останавливается выключением лебедки с одновременным зажатием тормоза лебедки (на морской буровой расстояние от замка до превентора определяется в соответствии с состоянием моря). Если колонна остановлена неправильно и произошел удар (наезд) колонны на плашки, то выдается соответствующая ошибка. Наезд (удар) колонны на плашки превентора фиксируется по увеличению веса на крюке;

- закрывается верхний плашечный превентор. Если в момент закрытия превентора замок оказался в зоне плашек превентора, то выдается соответствующая ошибка;

- при помощи насосного агрегата, подсоединенного через задвижку подсоединения насосного агрегата на посту манифольда, на первой скорости, включив привод насосного агрегата и увеличив ручкой газа обороты вала двигателя, увеличивается давление между превенторами до уровня давления в скважине, которое определяется по нижнему манометру на устьевом оборудовании;

- когда на устьевом оборудовании давления на верхнем и нижнем манометре выравниваются, это значит, что давление между превенторами сравнялось с давлением в скважине. Насосный агрегат выключается;

- открывается нижний плашечный превентор;

- включается лебедка, отжимается тормоз лебедки и начинается подъем бурильной колонны, примерно на 1,5 метра, так,

чтобы замок трубы оказался между двумя превенторами. Зажимается тормоз лебедки, лебедка выключается. Если колонна остановлена неправильно и произошел удар (наезд) колонны на плашки, то выдается соответствующая ошибка. Наезд колоны на плашки превентора фиксируется по увеличению веса на крюке;

- закрывается нижний плашечный превентор. Если в момент закрытия превентора замок оказался в зоне плашек превентора, то выдается соответствующая ошибка;

- через дроссель, откручивая его против часовой стрелки, стравливается давление между превенторами. Сброс давления фиксируем по манометру на блоке дросселирования и верхнему манометру на устьевом оборудовании;

- открывается верхний плашечный превентор;

- включается лебедка, отжимается тормоз лебедки и продолжается подъем до достижения следующим замком нижнего плашечного превентора;

- изложенная выше последовательность действий повторяется для каждого замка спускаемой в скважину свечи;

- по жидкокристаллическому экрану на пульте бурильщика контролируется положение талевого блока;

- при достижении замка-стыка свечей рабочей зоны ключа, а талевым блоком высоты равной высоте рабочей свечи (при этом на жидкокристаллическом экране на пульте бурильщика фигурка “Верхового” меняется с красного на зеленый цвет), выключается вращение лебедки и зажимается ленточный тормоз.

Примечание 1: Рабочая зона ключа в тренажере-имитаторе равна 0-1м над столом ротора.

### ***Постановка колонны на клинья ротора***

Эта операция включает в себя следующее действие:

- педаль клиньев ротора переключается в положение “опущены”, при этом на индикационной жидкокристаллической мнемосхеме появляются опущенные клинья ротора.

### ***Разгрузка талевой системы***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- отжимается тормоз лебедки, по показывающему прибору веса на крюке контролируется разгрузка талевой системы;
- при показаниях датчика веса на крюке, соответствующих весу элеватора и талевой системы - тормоз лебедки зажимается.

#### ***Отвинчивание свечи***

Эта операция включает следующую последовательность действий:

- подается буровой ключ “К скважине”;
- рукоятка включения ключа переводится в положение “Развинчивание”, по окончании развинчивания на жидкокристаллическом мониторе появляется развинченная колонна;
- рукоятка включения ключа переводится в нейтральное положение;
- буровой ключ переводится в положение “От скважины”.

#### ***Установка отвинченной свечи на подсвечник***

Эта операция заключается в том, чтобы:

- СПУ переводится в положение “К скважине”;
- открывается элеватор, при этом на жидкокристаллическом мониторе пульта бурильщика отображается открытое состояние элеватора;
- СПУ отводится “От скважины” (свеча должна исчезнуть с жидкокристаллического экрана). После этого цикл операций повторяется, начиная с операции «спуск незагруженного элеватора».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Заливин В.Г.* Аварии при бурении нефтегазовых скважин / В.Г. Заливин. – Иркутск: ИРНТИУ, 2015. – 278 с.
2. *Зозуля Г.П.* Осложнения и аварии при эксплуатации и ремонте скважин: учебное пособие / Г.П. Зозуля, А.В. Кустышев, В.П. Овчинников. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – 372 с.
3. *Ипполитов В.В.* Предупреждение технологических осложнений в процессе бурения скважин / В.В. Ипполитов. – Уфа: Тау, 2002. – 96 с.
4. Контроль и управление процессом бурения в условиях аномальных пластовых давлений: учебное пособие / В.М. Гребенщиков, М.В. Двойников, А.И. Шиверских и др. – Тюмень: Печатник, 2011. – 128 с.
5. Контроль скважин при ГНВП. Практические задания по управлению скважиной: учебное пособие / В.А. Долгушин, А.А. Земляной, А.В. Кустышев и др. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2016. – 117 с.
6. *Лукиянов Э.Е.* Оперативная оценка аномальных пластовых давлений в процессе бурения / Э.Е. Лукиянов. – Новосибирск: ИД Историческое наследие Сибири, 2012. – 424 с.
7. *Овчинников В.П.* Контроль и управление процессом бурения в условиях аномальных пластовых давлений: учебное пособие для вузов / В.П. Овчинников, В.М. Гребенщиков. – Тюмень: Нефтегазовый университет, 2010. – 123 с.
8. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие / С.В. Каменских, Ю.Л. Логачёв, А.В. Нор и др. – Ухта: УГТУ, 2014. – 231 с.
9. Предупреждение и ликвидация осложнений, аварий и брака при строительстве скважин: учебное пособие / И.Г. Яковлев, В.П. Овчинников, А.Ф. Семенов и др. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 156 с.
10. *Шевцов В.Д.* Борьба с выбросами при бурении скважин / В.Д. Шевцов. – М.: Недра, 1977. – 183 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	4
Лабораторная работа 1.....	11
Глушение скважины.....	11
Последовательность действий.....	12
Ошибки управления и их устранение.....	18
Фатальные ошибки.....	32
Возможные сценарные аварийные ситуации и осложнения.....	33
Лабораторная работа 2.....	37
Проведение спуско-подъёмных операций под давлением.....	37
Имитация СПО под давлением.....	39
Спуск инструмента под давлением через универсальный превентор.....	40
Подъем инструмента под давлением через универсальный превентор.....	44
Спуск инструмента под давлением с перехватом через два превентора.....	49
Подъем инструмента под давлением с перехватом через два превентора.....	55
Библиографический список.....	62

# **ТЕХНОЛОГИЯ ВСКРЫТИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАСТОВ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

## **ФЛЮИДОПРОЯВЛЕНИЯ**

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов магистратуры направления 21.04.01*

Сост. *М.Ю. Мерзляков, М.В. Нуцкова*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
бурения скважин

Ответственный за выпуск *М.Ю. Мерзляков*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 11.06.2021. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 3,7. Усл.кр.-отг. 3,7. Уч.-изд.л. 3,5. Тираж 50 экз. Заказ 590.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2