

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы  
аспирантуры  
профессор М.В. Двойников

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОГО БУРЕНИЯ

#### Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Область науки:	2. Технические науки
Группа научных специальностей:	2.8. Недропользование и горные науки
Научная специальность:	2.8.1. Технология и техника геологоразведочных работ
Отрасли науки:	Технические
Форма освоения программы аспирантуры:	Очная
Срок освоения программы аспирантуры:	4 года
Составители:	к.т.н., доц. П.А. Блинов

Санкт-Петербург

## **ВВЕДЕНИЕ**

Цель практических занятий – закрепление и углубление знаний, полученных аспирантами при теоретическом изучении курса «Современные методы геологоразведочного бурения», приобретение навыков самостоятельной работы со специальной и справочной литературой при решении конкретных инженерных задач действующими ГОСТами и др. нормативными документами.

Практические занятия проводятся на тренажере АМТ-221П (инженерный вариант) или АМТ-221БУР (рабочее место бурильщика). Задания на практические занятия выдаются в форме задач-сценариев. Выполнение практических занятий предполагается группами (бригадами) не более 4-х человек. Каждый член бригады выполняет функции бурильщика или помбура.

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 проявление создать котором объемы закачиваемой будут равны, то при подъеме давление практически не к росту давления в скважине пузыря до устья давление на равно удвоенному пластовому следствие, к гидроразрывам последующим бурным при подъеме газовой пачки ее возрастать, а давление газа -

Методы глушения по местонахождению колонны последовательности проведения за давлением на забое.

В лабораторных работах только методы плавного как наиболее часто практике и достаточно колонна бурильных труб 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. 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 уравнивания пластового давления.

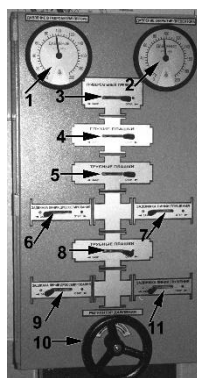


Рис. 1 Плашечный пульт превентора.

1- стрелочный индикатор давления в гидроаккумуляторе, 2- стрелочный индикатор давления закрытия превентора, 3- откр./закр. плашек универсального превентора, 4- откр./закр. глухих плашек, 5- откр./закр. трубных плашек, 6,9- откр./закр. задвижек линии дросселирования, 7,11- откр./закр. задвижек линии глушения, 10- регулятор давления.

если при глушении противодавление, при и выходящей жидкостей газового пузыря его изменится. Это приведет (например, при подъеме забое будет примерно давлению) и как пород с поглощением и проявлением. Поэтому объем должен снижаться.

проявления различаются труб в скважине, работ, способу контроля

будут рассматриваться глушения проявлений, применяемые на надежные. При этом должна находиться на

## **Метод ожидания и утяжеления**

При этом методе проведения работ скважину закрывают и готовят утяжеленный буровой раствор требуемой плотности. Флюид удаляют из скважины с одновременной закачкой утяжеленного бурового раствора.

## **Непрерывный метод**

При этом методе проведения работ немедленно начинается вымыв пластового флюида с одновременным увеличением плотности бурового раствора с максимальной 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 нефте-газопоявлениями, давление в нагнетательной линии может служить показателем, контролирующим давление на забое, а его величина регулируется штуцером на выкидной линии превентора, т.е. противодавлением на устье.

Методы плавного глушения проявлений, основанные на контроле за давлением в нагнетательной линии, применимы в различных вариантах технологии проведения работ при поступлении в скважину любых флюидов. Важным их преимуществом является простота расчетов технологических параметров процесса глушения, а также отсутствие необходимости в достоверной информации о геометрических размерах кольцевого зазора в открытом стволе. Это и определяет их широкое применение в зарубежной и отечественной практике.

К недостаткам этих методов глушения можно отнести необходимость использования постоянной подачи насоса, несинхронность изменения давлений в кольцевом пространстве, на устье и в нагнетательной линии и др.

Если во время вымыва пластового флюида забойное давление поддерживается постоянным, то по мере подхода к устью газ будет расширяться. Поскольку плотность газа гораздо меньше плотности бурового раствора, увеличение длины газовой пачки вызывает снижение гидростатического давления и повышение давления в обсадной колонне. На длину газовой пачки и, следовательно, на давление в обсадной колонне влияют размер проявляющей зоны, интенсивность проявления, расширение газа по мере вымыва, и геометрия ствола.

Принцип вымыва пластового флюида при постоянной подаче насоса и поддержании неизменного давления в бурильных трубах является основой всех методов ликвидации проявлений с поддержанием постоянного забойного давления.

При изменении плотности закачиваемого бурового раствора меняются как гидростатическое давление, так и потери давления на трение в бурильных трубах; следовательно, для поддержания постоянного забойного давления необходимо регулировать давление в бурильных трубах. Процедуры поддержания постоянного забойного давления во время изменения плотности бурового раствора для трех основных методов глушения различны.

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.

## 1. Метод бурильщика

Ликвидация выброса по методу бурильщика (двухстадийный метод) состоит из шести этапов.

На **первом этапе** производится закрытие скважины. В процессе закрытия и после закрытия осуществляется постоянный контроль за давлением на выходе из скважины  $P_e$ , чтобы оно не превысило допустимое значение  $P_{e,доп}$ . В противном случае возникает фонтан и ликвидация выброса невозможна.

После закрытия скважина выдерживается в покое в течение 5 минут для стабилизации давлений в закрытой скважине, а затем измеряется давление на входе в закрытой скважине  $P_{н.зкр}$  и на выходе из скважины  $P_{e.зкр}$ .

Высота столба поступившего флюида в кольцевое пространство скважины рассчитывается по формуле:

$$L_{фл} = \Delta W / F_{кп} , \quad (1)$$

где  $\Delta W$  - приращение объема раствора в приемных емкостях за счет поступившего флюида, м;  $F_{кп}$  - площадь поперечного сечения кольцевого пространства (КП) скважины, м<sup>2</sup>.

$$\Delta W = (U_{e1} - U_{e01}) \times F_1 + (U_{e2} - U_{e02}) \times F_2 , \quad (2)$$

где  $U_{e01}$ ,  $U_{e02}$  - начальный уровень раствора в емкостях 1 и 2, м;  $U_{e1}$ ,  $U_{e2}$  - уровни раствора в емкостях 1 и 2, м;  $F_1$ ,  $F_2$  - площадь приемных емкостей 1 и 2, м<sup>2</sup>.

Плотность поступившего флюида рассчитывается по формуле:

$$\rho_{фл} = \rho_n - (P_{e.зкр} - P_{н.зкр}) / (0.1 \times L_{фл}) , \quad (3)$$

где  $\rho_n$  - плотность бурового раствора в скважине, г/см<sup>3</sup>;  $P_{e.зкр}$  - давление на выходе в закрытой скважине, кг/см<sup>2</sup>;  $P_{н.зкр}$  - давление на входе в закрытой скважине, кг/см<sup>2</sup>.

На **втором этапе** рассчитываются параметры ликвидации выброса.

Заданное давление на забой рассчитывается по формуле:

$$P_{зад} = P_{пл} + \Delta P_{заб} , \quad (4)$$

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

$$P_{пл} = P_{н.зкр} + P_{гс.бт} , \quad (5)$$

$$P_{гс.бт} = 0.1 \times \rho_n \times H_0 , \quad (6)$$

где  $P_{гс.бт}$  - гидростатическое давление в бурильных трубах, кг/см<sup>2</sup>;  $H_0$  - глубина скважины, м.

Плотность утяжеленного раствора, необходимая для создания равновесия между пластовым и гидростатическим давлениями на забое скважины, рассчитывается по формуле:

$$\rho_{зад} = P_{зад} / (0.1 \times H_0) . \quad (7)$$

Давление нагнетания, обеспечивающее поддержание забойного давления, равного заданному, рассчитывается по формуле:

$$P_{н.зад} = P_{н.зкр} + \Delta P_{бк} + \Delta P_{заб} , \quad (8)$$

где  $\Delta P_{\text{бк}}$  - потери давления в бурильной колонне, кг/см<sup>2</sup>;  $\Delta P_{\text{бт}}$  - потери давления в бурильных трубах (БТ и УБТ), кг/см<sup>2</sup>;

$$\Delta P_{\text{бк}} = \Delta P_{\text{бт}} + \Delta P_{\text{тб}} + \Delta P_{\text{д}}, \quad (9)$$

$$\Delta P_{\text{бт}} = 10^{-8} \times K_{\text{рт}} \times \rho_{\text{бт}} \times Q_{\text{н}}^2 \times L_{\text{и}}, \quad (10)$$

где  $K_{\text{рт}}$  - коэффициент гидравлических сопротивлений в бурильных трубах (БТ) и утяжеленных бурильных трубах (УБТ), м<sup>-5</sup>;  $\rho_{\text{бт}}$  - плотность раствора в БТ и УБТ, г/см<sup>3</sup>;  $Q_{\text{н}}$  - расход на входе в скважину, л/с;  $L_{\text{и}}$  - длина инструмента в скважине, м;  $\Delta P_{\text{тб}}$  - потери давления в турбобуре, кг/см<sup>2</sup>.

При роторном бурении  $\Delta P_{\text{тб}} = 0$ , а при турбинном вычисляется по следующей формуле:

$$\Delta P_{\text{тб}} = 10^{-8} \times K_{\text{тб}} \times \rho_{\text{бт}} \times Q_{\text{д}}^2, \quad (11)$$

где  $K_{\text{тб}}$  - коэффициент потерь давления в турбобуре, м<sup>-4</sup> ( $K_{\text{тб}} = 2 \times 10^6$ );  $Q_{\text{д}}$  - расход раствора, подаваемого к долоту, л/с.

$$Q_{\text{д}} = Q_{\text{н}}. \quad (12)$$

$$\Delta P_{\text{д}} = 10^{-8} \times K_{\text{рд}} / F_{\text{д}}^2 \times \rho_{\text{бт}} \times Q_{\text{д}}^2, \quad (13)$$

где  $K_{\text{рд}}$  - коэффициент гидравлических сопротивлений в долоте;  $F_{\text{д}}$  - суммарное сечение промывочных отверстий долота, м.

$$K_{\text{рд}} = 0.1-2.5. \quad (14)$$

$$F_{\text{д}} = 0.785 \times d_{\text{н1}}^2. \quad (15)$$

Давление на выходе, обеспечивающее поддержание забойного давления равным заданному рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{е.зад}} = P_{\text{е.зкр}} + \Delta P_{\text{заб}}. \quad (16)$$

На **третьем этапе** производится вымывание флюида из скважины раствором той же плотности. При этом необходимо поддерживать постоянными подачу насоса при закачке раствора и давление в бурильных трубах регулированием дросселя. После того, как флюид будет вымыт, закрыть скважину. Давление на выходе в закрытой скважине должно быть таким же, как на входе.

На **четвертом этапе** производится утяжеление бурового раствора в емкостях до заданного значения.

На **пятом этапе** производится закачка в скважину утяжеленного бурового раствора с заданной плотностью. При этом необходимо поддерживать постоянными подачу насоса при закачке утяжеленного раствора и давление в обсадной колонне регулированием дросселя.

Когда утяжеленный буровой раствор достигнет долота, записать давление в бурильных трубах. Поддерживать давление в бурильных трубах постоянным регулированием дросселя. Когда утяжеленный буровой раствор достигнет поверхности, закрыть скважину. Давления на входе и на выходе в закрытой скважине должны быть равны нулю.

На **шестом этапе** производится открытие скважины и осуществляется контроль восстановления равновесия в скважине между пластовым давлением и гидростатическим столбом утяжеленного бурового раствора. При этом уровень раствора в емкостях не должен увеличиваться. В противном случае ликвидацию выброса следует продолжить за счет дальнейшего увеличения плотности раствора.

Если пластовое давление уравнивается гидростатическим (уровень раствора в емкостях не растет), то выброс считается ликвидированным.

## 2. Имитация выбросов

Задача «ИМИТАЦИЯ ВЫБРОСОВ» имитирует нефтегазопроявления 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, заданное 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.

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

### Установка стартовых значений

На ПУЛЬТЕ БУРИЛЬЩИКА необходимо включить тормоз лебедки.

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

Начальную плотность раствора ( $\text{г/см}^3$ ) на входе рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$\rho_{\text{н0}} = (P_{\text{пл}} - \Delta P_{\text{заб}}) / (0.1 \times H_0), \quad (17)$$

где  $P_{\text{пл}}$  - пластовое давление,  $\text{г/см}^2$ ;  $\Delta P_{\text{заб}}$  - диапазон безопасности на снижение забойного давления,  $\text{г/см}^2$ ;  $H_0$  - глубина скважины, м.

### 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

1. Выключить вращение и привод РПДЭ и ротора.

---

<sup>1</sup> В Настоящей версии АМТ-221-БУР 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



2. Выключить ротор
3. Поднять квадрат, чтобы он вышел из стола ротора.
4. Затормозить лебедку.
5. Выключить насосы.
6. Закрывать обе линии глушения.
7. Открыть одну из линий дросселирования
8. Открыть задвижку линии дросселирования на блоке дросселирования.
9. Открыть входную и выходную задвижки дросселя, которым предполагается работать.
10. Приоткрыть дроссель на этой линии.
11. Закрывать один из превенторов - универсальный или плашечный (на верхней линии) или плашечный на нижней линии.
12. Закрывать плавно дроссель.
13. Закрывать входную задвижку дросселя (на случай, если дроссель пропускает).

После герметизации устья скважины необходимо выждать 5 – 7 минут для стабилизации давления, замерить давление на входе и выходе. Если давление на входе меньше давления на выходе, то флюид – газ.

### **При турбинном бурении**

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

## **2.2. Расчет параметров процесса**

После герметизации скважины для проведения работ по глушению нефтегазопроявления необходимо рассчитать следующие параметры:

- высоту столба флюида в кольцевом пространстве скважины ( $L_{фл}$ ) по формулам (1, 2);
- плотность поступившего флюида ( $\rho_{фл}$ ) по формуле (3);
- пластовое давление по формуле (5);
- плотность бурового раствора, необходимую для глушения, по формуле (7);
- определить вид флюида в соответствии с неравенствами: если  $\rho_{фл} \leq 0.5 \text{ г/см}^3$ , то флюид – газ; иначе – жидкость;
- рассчитать давление на входе, которое необходимо поддерживать при вымывании флюида по формуле (8).

## Включение циркуляции

Для включения циркуляции рекомендуется приоткрыть дроссель и включить один из насосов на половину максимальной производительности. Вымывание флюида можно осуществлять как раствором той же плотности, так и одновременно с закачкой утяжеленного раствора. Приготовление утяжеленного раствора имитируется путем задания значения новой плотности на задатчике плотности. Признаком того, что раствор новой плотности готов, является окраска старого раствора в емкостях на мультипликации в другой цвет. Закачка утяжеленного раствора также отображается сменой цвета. Если при закачке утяжеленного раствора его цвет на мультипликации не изменился, значит новая плотность не входит в границы корректности по плотности.

Границы корректности по плотности:

$$\rho_{\text{зад}} + \Delta\rho_{\text{н}} < \rho_{\text{ур}} < \rho_{\text{зад}} - \Delta\rho_{\text{н}}, \quad (18)$$

где  $\rho_{\text{ур}}$  - плотность утяжеленного раствора, г/см<sup>3</sup>;  $\Delta\rho_{\text{н}}$  - точность регулирования по плотности, г/см<sup>3</sup> (0.01 г/см<sup>3</sup>).

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:

$$P_{\text{пл}} < P_{\text{заб}} < P_{\text{пгл}} \quad (19)$$

Если выполняется неравенство:

$$P_{\text{заб}} > P_{\text{пгл}}, \quad (20)$$

где  $P_{\text{пл}}$  - пластовое давление, кг/см<sup>2</sup>;  $P_{\text{заб}}$  - забойное давление, кг/см<sup>2</sup>;  $P_{\text{пгл}}$  - давление начала поглощения (задается в сценарии), кг/см<sup>2</sup>;

то имеет место аварийная ситуация «ПОГЛОЩЕНИЕ». Для ее ликвидации рекомендуется приоткрыть дроссель.

Если выполняется неравенство:

$$P_{\text{заб}} < P_{\text{пл}}, \quad (21)$$

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.

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

$$P_{\text{н}} > P_{\text{н.мах}}, \quad (22)$$

где  $P_{\text{н}}$  - текущее давление нагнетания, кг/см<sup>2</sup>;  $P_{\text{н.мах}}$  - 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 аварии необходимо открыть глухой превентор.

Циркуляция продолжается до тех пор, пока весь флюид не будет вымыт из кольцевого пространства (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.

### Приготовление раствора новой плотности

Приготовление раствора новой плотности в емкостях можно симитировать следующим образом:

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

### Закачивание утяжеленного раствора

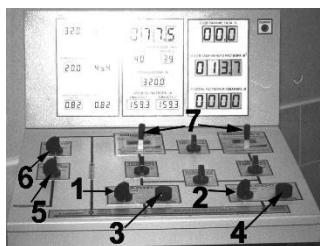


Рис.2 Пульт циркуляционной системы. 1,2- соответственно рукоятки включения 1-го и 2-го насосов, 3,4- соответственно тумблеры для регулирования числа двойных ходов 1-го и 2-го насосов, 5- вкл/выкл блока очистки, 6- вкл/выкл дегазатора, 7- задание плотности в емкостях 1 и 2.

После приготовления раствора новой плотности следует включить циркуляцию и закачивать в скважину утяжеленный раствор до появления его на устье. В процессе закачки утяжеленного раствора рекомендуется поддерживать забойное давление таким, чтобы оно входило в диапазон безопасности (19). Для этого необходимо поддерживать на выходе постоянное давление, равное заданному давлению на выходе, пока вся колонна бурильных 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.

Если вымывание флюида осуществляется раствором новой плотности, то после вымывания флюида из кольцевого пространства требуется время, чтобы утяжеленный раствор заполнил всю скважину и появился на устье. При этом в процессе заполнения утяжеленным раствором колонны бурильных труб и кольцевого пространства рекомендуется регулировать забойное давление так, как описано выше.

### 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, это значит, что в затрубном пространстве еще есть флюид. В этом случае требуется восстановить циркуляцию и вымыть флюид.

Существование давления на входе означает, что плотность утяжеленного бурового раствора недостаточна и скважина не заглушена. 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:

$$P_{пл} < P_{гс.кп} < P_{пл} + \Delta P_{заб}, \quad (23)$$

где  $P_{гс.кп}$  - гидростатическое давление в обсадной колонне,  $кг/см^2$ .

На этом ликвидация выброса заканчивается.

### 3. 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 (плащечный) 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;
- заблокирован 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 заклинки 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 нефтегазоводопрооявления 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 растет, 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 растет, в емкости приготовления падает, но уровень в приемной емкости растет 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 клиньях 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 талевой 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 наведя 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 (свече-подающее 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 выше 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**

## **4. Фатальные ошибки УТК Выброс**

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:

$$P_e > P_{у.доп} , \quad (24)$$

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

### 2) Гидроразрыв пласта

Эта ситуация распознается при возникновении следующего условия:

$$P_e > P_{гр.доп} , \quad (25)$$

где  $P_{гр.доп}$  - допустимое давление по гидроразрыву,  $\text{кг/см}^2$ ;

### 3) Разрыв ОК

Эта ситуация распознается при возникновении следующего условия:

$$P_e > P_{к.доп} , \quad (26)$$

где  $P_{к.доп}$  - допустимое давление по прочности ОК,  $\text{кг/см}^2$ .

## 5. 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 (дресселем) 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 буровой колонны как можно ниже с целью восстановления циркуляции. А если и это не помогло, то переходят к задавливанию флюида обратно в пласт.

**«Забитие буровой 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 (дресселем) 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 (дресселем) 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 дросселя;
- 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.