



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования  
«Самарский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

Институт нефтегазовых технологий

Кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин»

Методические указания по выполнению раздела  
**«Анализ рисков при строительстве скважин»**  
выпускной квалификационной работы  
по направлению 21.03. 01 «Нефтегазовое дело»,  
профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин»

Самара

2024

Составитель О.А. Нечаева, П.В. Нечаев,

*Анализ рисков при строительстве скважин: Методические указания/ Самар, гос. техн. ун-т; Сост. О.А. Нечаева, П.В. Нечаев  
Самара, 2024, 23 с.*

Методические указания по выполнению раздела *Анализ рисков при строительстве скважин* выпускной квалификационной работы бакалавра, по направлению 21.03. 01 «Нефтегазовое дело», профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин».

В разделе «Анализ рисков при строительстве скважин» необходимо отразить общие требования безопасности при производстве работ на площадке объекта строительства нефтяных и газовых скважин. В соответствии с выбранной буровой установкой дать характеристику объекту буровой установки, определить признаки и отнести его к классу опасности как опасный производственный объект (ОПО) или объект повышенной опасности. Определить опасные и вредные производственные факторы на объекте.

Необходимо определить и применить один из инструментов управления рисками, ориентированного на безопасное выполнение работ в соответствии с выбранной темой выпускной квалификационной работы. Составить алгоритм действий, направленных на снижение выявленных опасностей и методов выполнения работ, при которых будет достигнут практически целесообразный уровень безопасности.

### **1. Понятие технологического риска**

Известно, что процесс строительства скважин сопряжен с вероятностью возникновения опасных технологических событий. *Технологический риск* - сочетание вероятности (частоты) возникновения опасного технологического события и обусловленного им ущерба. В терминах теории риска неработоспособное состояние относят к категории опасного события. Следовательно, опасное технологическое событие в бурении - событие в буровой технологической системе, результатом которого является ущерб качеству, стоимости или продолжительности строительства скважины.

Классификация рисков показана на рис. 1

*Технологические риски* вызваны изменением технологии, несоответствием применяемых технологий конкретным горно-геологическим условиям, специфические риски технологии, ошибки в проектной документации.

*Технические риски* вызваны отказом или ухудшением качества и производительности функционирования бурового оборудования (буровой насос, ВСП, вертлюг, буровая лебедка и др.)

*Горно-геологические риски* связаны с условиями залегания горных пород, пластовым и горным давлением, наличием солевых интервалов, характером распространения ММП и др.

*Риски, связанные с человеческим фактором*, вызваны действиями персонала.



Рис. 1 Классификация рисков

## **2. Определение опасностей и оценка рисков**

Оценка рисков представляет собой непрерывный процесс и является основным элементом обеспечения охраны труда и промышленной безопасности.

## Основные понятия:

- Риск – сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба
- Опасность – фактор среды или трудового процесса, который может быть причиной травмы, острого заболевания или внезапного ухудшения здоровья
- Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме, внезапному ухудшению здоровья или смерти
- Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию или снижению работоспособности.



Рис. 2 Классификация опасностей

Что такое оценка риска?

Оценка риска – систематический и структурированный процесс, при котором:

- выявляются опасности, имеющиеся на рабочем месте или возникающие при выполнении работ;
- оцениваются риски как комбинация вероятности и последствий;
- принимаются решения в порядке приоритета для снижения рисков до приемлемого уровня.

Опасное действие – это действие работника, которое повышает вероятность травмы, нарушает установленные правила охраны труда и промышленной безопасности или противоречит установленным процедурам.

Небезопасные условия – это условия, характеризующиеся такими уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни работающего, а также возможен высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных поражений.

### **3. Методы оценки риска.**

#### **3.1 Дерево событий.**

При риск-анализе могут применять анализ «дерева событий». Анализ при помощи «дерева событий» – это метод изучения цепи событий, начиная с первого из них, которые могут привести или не привести к аварии. [1]

В точках, где возможен выбор альтернатив, на дереве решения изображают разветвление действий или разветвление событий. Точка выбора обозначается на дереве решений квадратом. Если имеющиеся альтернативы характеризуются неопределенностью, изображается разветвление событий. Неопределенный исход разведывательного бурения относится к категории

событий, и соответствующая точка обозначается на дереве решений кружком. «Дерево событий» позволяет оценить сложность проблемы, выйти на пути её решения. Между реализованными опасностями и причинами существует причинно-следственная связь; опасность есть следствие некоторой причины (причин), которая, в свою очередь, является следствием другой причины, и т.д. Таким образом, причины и опасности образуют иерархические, цепные структуры, или системы. Графическое изображение таких зависимостей чем-то напоминает ветвящееся дерево.

На рис. 3 показан пример «дерева событий» при строительстве скважины в зоне многолетнемерзлых пород (ММП).

Каждая скважина индивидуальна и характеризуется наличием присущих ей проблем. Соответственно задача риск-анализа состоит в том, чтобы выявить потенциальные опасности, разработать методы по их обнаружению и выработать полный технологический процесс бурения скважины. Детальное планирование до возникновения потенциальных осложнений и их точная идентификация снижают риск потерь и существенно улучшают показатели бурения.

Опасности классифицируются несколькими факторами: тип операции (бурение, проработка или спускоподъемная операция); специфическая процедура (бурение песчаника, расширение ствола или промывка), момент обнаружения опасности; характер возможного осложнения и его последствий; серьезность ущерба и его вероятность. Наряду с методами обнаружения возможных осложнений представлены меры предотвращения связанных с ними потерь [2].

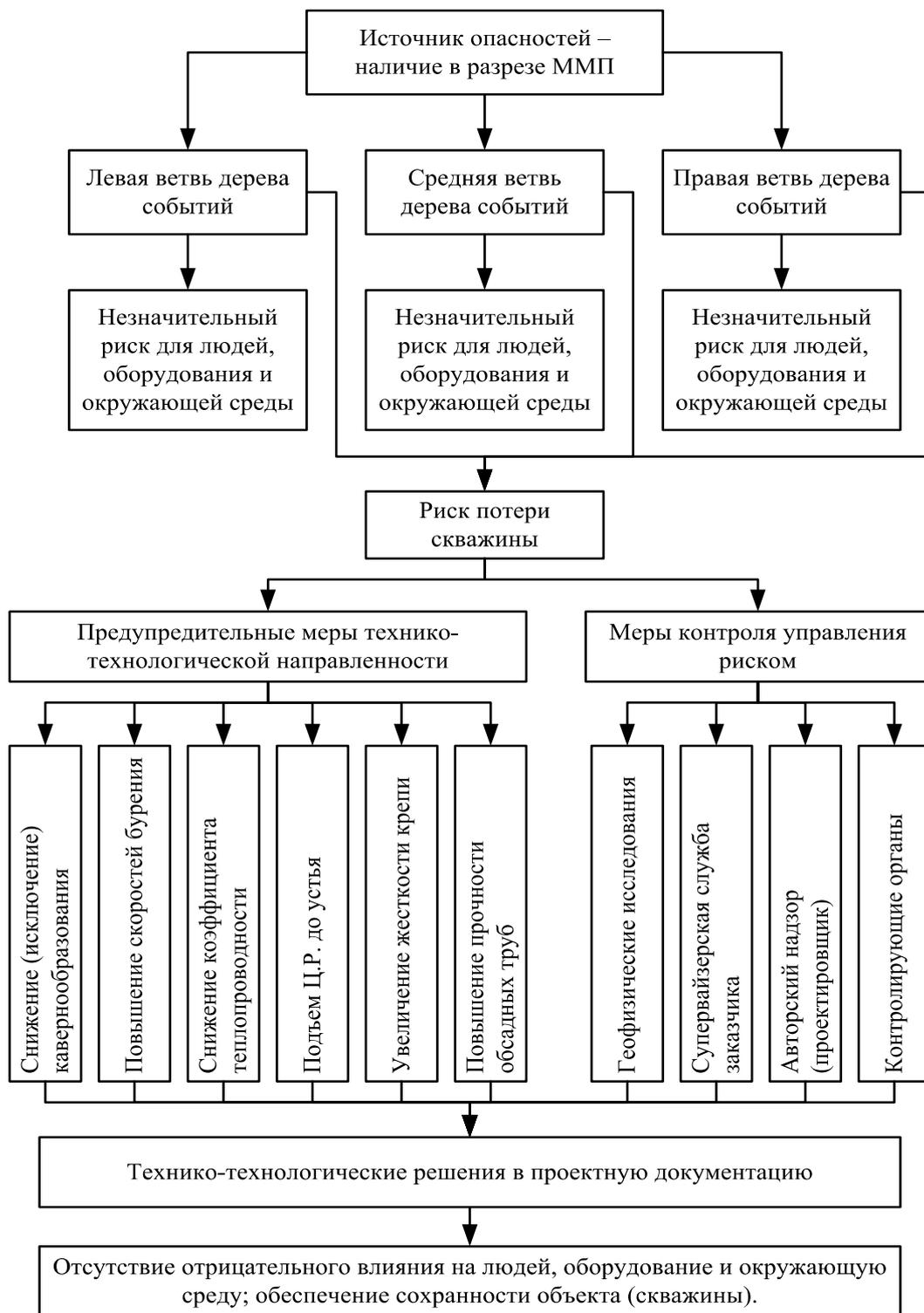


Рис. 3. Дерево событий

### **3.2. Риск-менеджмент - прогнозирование рисков и планирование работ**

Основным документом буровой компании в части прогнозирования рисков и планирования мероприятий по обнаружению и ликвидации аварий и осложнений является План локализации и ликвидации последствий аварий – ПЛА [4].

ПЛА должен предусматривать, как минимум: возможные аварии и места их возникновения; условия, опасные для жизни и здоровья людей; мероприятия по спасению людей; первоочередные действия при авариях; мероприятия по ликвидации аварий и т.д.

В части предупреждения и ликвидации рисков при планировании следует разработать пошаговые процедуры действий членов буровой вахты; четко обозначить роль и ответственность каждого члена буровой вахты; разработать процедуру обмена информации между персоналом и пр.

На этапе планирования/проектирования каждой скважины необходимо предусмотреть ряд мероприятий по предупреждению осложнений и аварий (например, управление скважиной при миграции газа; процедуры по предупреждению и ликвидации прихватов; процедуры по предупреждению и ликвидации поглощений и т.д.). На этапе планирования должны быть выполнены следующие действия - проработка аварийных мероприятий, учет технических аспектов, привлечение экспертов и др.

### **4. Управление опасными факторами и их последствиями в процессе выполнения работ**

Инструменты управления рисками можно разделить на четыре основные процедуры, которые успешно применяются на предприятиях с целью доведения информации до персонала, снижая вероятность последствий от негативных событий, воздействий на работника в процессе выполнения работ.

1. Инструктаж перед началом работ.

2. Наряд-допуск.
3. Анализ безопасности работ (АБР).
4. Управление критическими операциями (ЛУКО).

На рисунке 4 представлена блок-схема мероприятий по контролю рисков.



Рис. 4. Последовательность мер контроля опасных факторов.

#### 4.1. Анализ безопасности работ (АБР).

АБР – это эффективный метод предварительного выявления потенциальных опасных условий, определение мер по снижению выявленных опасностей и методов выполнения работы, при которых будет достигнут практически целесообразный уровень безопасности.

**ЗАДАЧИ АБР:**

- проанализировать поэтапное выполнение работ;
- выявить фактические или потенциальные опасности;
- определить риски и методы их контроля;
- выявить потенциально опасные факторы, которые могли остаться незамеченными в ходе обычного инструктажа перед началом работ.

Разработка АБР проводится в следующей последовательности:

- Разбить работу на отдельные этапы:
  - ✓ *Что надо сделать?*
  - ✓ *Кто выполняет работу?*
  - ✓ *Какой инструмент и оборудование используется?*
- Выявить опасные факторы (опасности) на каждом этапе:
  - ✓ *Что может пойти не так?*
- Определить меры контроля и меры снижения последствий:
  - ✓ *Как предотвратить негативное развитие ситуации?*
  - ✓ *Заполнение бланка АБР/ЛУКО*
- Если перед началом проведения работ, обнаруживается (инструктажем), что АБР/ЛУКО не отражает контроль всех рисков, требуемых для выполнения данного вида работ, АБР/ЛУКО необходимо доработать. Привести АБР/ЛУКО в соответствие с условиями проведения работ и их видов, о чем необходимо проинформировать ответственного допускающего.
- До корректировки АБР к работам приступать запрещается.

## **5. Механизмы управления риском**

*Управление риском* - совокупность мероприятий, направленных на снижение уровня технологического риска, уменьшение потенциальных материальных потерь и других негативных последствий опасных технологических событий [3].

Методологической основой управления риском является концепция приемлемого (допустимого) риска, предполагающая, что следует добиваться настолько низкого риска, насколько это достижимо в пределах разумного, учитывая технологические, экономические, социальные и иные факторы. Иными словами, если нельзя создать абсолютно результативные, эффективные и безопасные технологии, то следует стремиться к достижению

хотя бы такого уровня риска, с которым заинтересованные стороны могут смириться.

Весь спектр значений технологического риска можно разбить на три области в соответствии с так называемым принципом «светофора»

- *недопустимого (чрезмерного) риска* (красная область) - сочетание частоты возникновения опасного технологического события и обусловленного им ущерба из этой области недопустимо;
- *приемлемого риска* (желтая область) - сочетание частоты возникновения опасного технологического события и обусловленного им ущерба из этой области является объектом контроля и управления;
- *пренебрежимо малого риска* (зеленая область) - сочетание частоты возникновения опасного технологического события и обусловленного им ущерба из этой области не контролируется.

Управление риском [3] представляет собой действия, осуществляемые для выполнения, решений в рамках менеджмента рисков - скоординированных действий по руководству и управлению организацией в отношении рисков.

Структура процесса управления риском представлена на рисунке 4.



Рис. 5. Структура процесса управления риском

6. *Безопасная эксплуатация производства* включает: данные об имеющихся производственных опасностях, риски, которые могут привести к пожару,

взрыву, отравлению, а также комплекс технических, технологических и организационных мероприятий, обеспечивающих минимальный уровень опасности производства и оптимальные условия труда работающих.

Взрывопожароопасные и токсические свойства используемых и получаемых веществ, которые приводятся по форме таблицы 1.

Таблица 1

Взрывопожароопасные, токсические вещества, полупродуктов, готовой продукции и отходов производства

N п/п	Наименование вещества, готовой продукции, отходов производства	Агрегатное состояние	Класс опасности	Температура, °C			Концентрационные пределы распространения пламени		Характеристика токсичности (воздействие на организм человека)	Предельно допустимая концентрация веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений
				вспышки	воспламенения	самовоспламенения	нижний предел	верхний предел		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Классификация технологических блоков по взрывоопасности осуществляется в соответствии с требованиями действующих нормативных технических документов в области промышленной безопасности в нефтяной и газовой промышленности, Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных производств и приводится по форме таблиц 2 и 3

Таблица 2

Классификация технологических блоков буровой установки по взрывоопасности

N п/п	Наименование технологических блоков	Наименование вещества, образующего в зоне технологических блоков	Категория взрывоопасности	Классы зон по уровню опасности возможных разрушений, травмирования персонала
1	2	3	4	5

Таблица 3

## Взрывопожарная и пожарная опасность производственных зданий, помещений и наружных установок

N п/п	Наименование производственных зданий, помещений, наружных установок	Категория взрывопожарной и пожарной опасности зданий и помещений	Классификация зон внутри и вне помещений для выбора и установки электрооборудования	
			класс взрывоопасной или пожароопасной зоны	категория и группа взрывопожароопасных смесей
1	2	3	4	5

Возможные аварийные состояния производства, способы их предупреждения и устранения излагаются по форме таблицы 4.

Таблица 4

### Возможные виды аварийного состояния производства и способы их ликвидации

N п/п	Вид аварийного состояния производства	Причина возникновения	Действия персонала по устранению аварийного состояния
1	2	3	4

В таблицу включаются наиболее вероятные аварийные ситуации в технологическом процессе, приводятся основные причины возникновения аварийных ситуаций и указываются действия персонала по их устранению.

### 7. Задание по разделу «Анализ рисков при строительстве скважин» выпускной квалификационной работы.

1. В соответствии с выбранной темой ВКР необходимо выполнить анализ и оценку технологического риска, выделить зоны риска, т.е. интервалы, в которых возможно возникновение опасных событий с указанием степени риска:

Интервал, м	Технологическая операция	Литогеологический разрез	Возможные осложнения	Степень риска	Вероятность возникновения

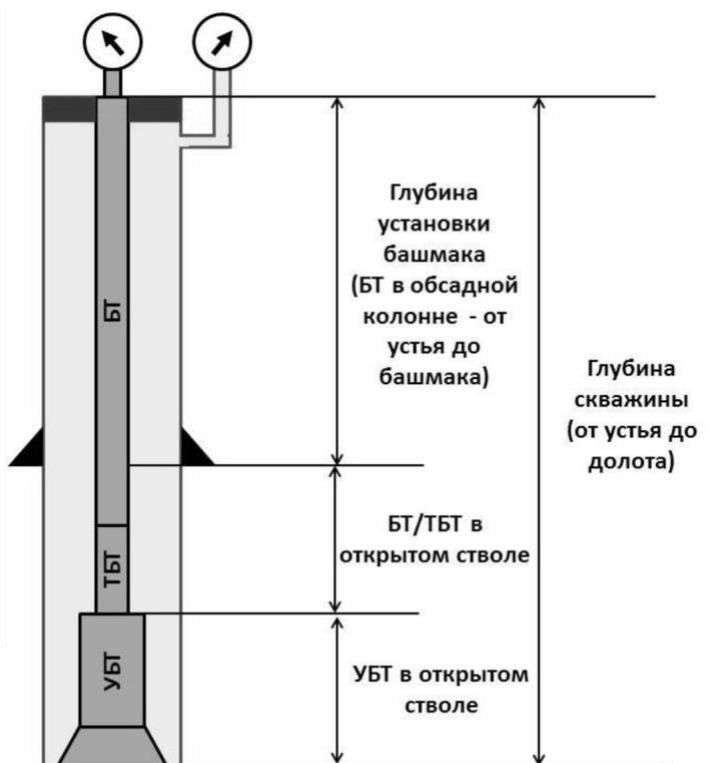
2. Для опасного технологического события с самой высокой вероятностью возникновения, обучающимся необходимо построить «*дерево событий*» (по аналогии с рис. 3). Источниками опасности могут быть, например, нецементированные и трещиноватые породы, наличие разломов, посторонние предметы в скважине, разбухающие или пластичные породы, высокое горное давление, уступы в стенке ствола скважины, геометрия скважины и др.
3. Разработать АБР в соответствии по форме (Приложение 1) и выбранной темой ВКР. АБР должен обеспечивать безопасное выполнение комплекса работ. *Пример: Тема ВКР «Анализ рецептур промывочных жидкостей для вскрытия продуктивного пласта». Здесь применим АБР по мероприятиям, связанными с подготовкой бурового раствора персоналом в блоке буровой установки. То есть необходимо поэтапно разработать АБР с учетом всех аспектов в области охраны труда и промышленной безопасности, с целью безопасного выполнения работ по приготовлению бурового раствора.*
4. Заполнить таблицы №№ 1, 2, 3, 4 в соответствии с выбранной темой специального вопроса ВКР.
5. Произвести расчет листа глушения скважины при ГНВП [4].

Лист глушения является необходимым и при этом удобным инструментом для проведения процедуры ликвидации ГНВП. Целью заполнения карты является расчет основных параметров, необходимых для обеспечения корректной процедуры вымыва притока при ГНВП и глушения скважины утяжеленным буровым раствором.

Для заполнения карты необходимы следующие исходные данные:

- глубина скважины по вертикали и по стволу (инструменту);
- фактическая длина, удельный объем бурильных труб и элементов КНБК;

- давление прокачки на пониженной подаче насоса;
  - плотность раствора в скважине;
  - максимально допустимая плотность;
  - максимально допустимое давление в КП на устье закрытой скважины (MAASP);
  - объем притока;
  - давления стабилизации в трубах (SIDPP) и в КП (SICP).
- При расчете давлений и плотностей используются значения глубин по вертикали; при расчете объемов, ходов насоса и времени прокачки используются значения глубин по стволу.



При расчете давлений и плотностей используются значения глубин по вертикали; при расчете объемов, ходов насоса и времени прокачки используются значения глубин по стволу.

## Процедура заполнения листа глушения

Действие	Формула для расчета
1. Внести все исходные данные в карту глушения.	
2. Рассчитать внутренние объемы труб (в литрах)	<i>Удельный внутренний объем труб (л/м) × Длина труб (м)</i>
3. Рассчитать объемы кольцевого пространства (в литрах)	<i>Удельный внутренний объем КП (л/м) × Длина труб (м)</i>
4. Рассчитать число ходов насоса (в ходах), требуемое для прокачки объемов труб и КП:	$\frac{\text{Объем (л)}}{\text{Подача насоса } \left(\frac{\text{л}}{\text{ход}}\right)}$
5. Рассчитать время (в минутах), необходимое для прокачки объемов труб и КП:	$\frac{\text{Число ходов насоса (ходов)}}{\text{Скорость прокачки } \left(\frac{\text{ХОД}}{\text{МИН}}\right)}$
6. Рассчитать плотность раствора глушения (кг/л)	<i>Плотность раствора (кг/л) + <math>\frac{\text{Давление стабилизации в трубах (бар)}}{\text{Глубина скважины по вертикали (м)} \times 0,0981}</math></i>
7. Рассчитать начальное давление циркуляции (ICP):	<i>Давление прокачки насоса (бар) + Давление стабилизации в трубах (бар)</i>
8. Рассчитать конечное давление циркуляции (FCP):	<i>Давление прокачки (бар) × <math>\frac{\text{Плотность раствора глушения (кг/л)}}{\text{Плотность раствора (кг/л)}}</math></i>
9. Рассчитать снижение давления в трубах при закачке утяжеленного раствора на каждые 100 ходов насоса (бар/100 ходов):	$\frac{\text{Разница между начальным и конечным давлением циркуляции (бар)} \times 100}{\text{Объем БК (в ходах насоса)}}$
10. Построить график и таблицу изменения давления циркуляции в трубах от начального (ICP) до конечного (FCP) на каждые 100 ходов насоса.	

Заполнить лист глушения – Приложение 2.

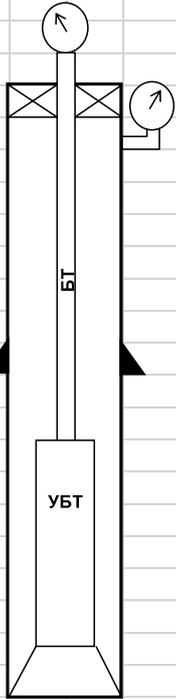
6. Заключение представляет собой краткий обзор проделанной работы, выводы и рекомендации. Применение инструмента управления рисками в процессе выполнении работ при достигнутом целесообразном уровне безопасности.

### **Список используемых источников:**

1. Балаба В.И. Управление качеством в бурении: Учебное пособие. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008.
2. Уолт Алдрид, Шуйа Горайа, Дик Плам и др. Управление риском в бурении/Нефтегазовое обозрение, 2001.
3. ГОСТ Р МЭК 62502-2014 Менеджмент риска. Анализ дерева событий. НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. Менеджмент риска. АНАЛИЗ ДЕРЕВА СОБЫТИЙ.
4. Контроль скважины. Управление скважиной при ГНВП: Методическое пособие. – Астрахань, 2015



Лист глушения

<b>International Well Control Forum</b>				Дата : _____	
<b>SURFACE BOP (Вертикальная скважина) Лист Глушения</b>				Имя : _____	
				Единицы : (бар & литр)	
<b>PRINT</b>					
<b>Информация о пласте:</b>			<b>Информация по скважине:</b>		
Давление на устье в КП при опрессовке башмака			Буровой раствор:		
Давление опрессовки башмака	(A)	<input type="text"/> бар	Плотность	<input type="text"/>	кг/л
Плотность жидкости опрессовки	(B)	<input type="text"/> кг/л	OK & Башмак:		
Макс. допустимая плотность б. р-ра:			Диаметр <input type="text"/>		
(B) + $\frac{(A) \times 10.2}{\text{Глубина башмака по вертик.}}$	(C)	<input type="text"/> кг/л	Глубина по ств. <input type="text"/> м		
Макс. допуст. давление на устье в КП:			Глубина по верт. <input type="text"/> м		
[(C) - текущ. плотность бр] x глуб. башмака по вертик. =			Информация по стволу:		
10.2			Диаметр <input type="text"/> дюйм		
<input type="text"/> бар			Глубина по ств. <input type="text"/> м		
			Глубина по верт. <input type="text"/> м		
<b>Насос 1. Производит-ть.</b>		<b>Насос 2. Производит-ть.</b>			
литр/ход		литр/ход			
Низкая скорость закачки		Динамические потери давления			
		Насос №1			
ход/мин		бар		бар	
ход/мин		бар		бар	
Пред-но подготовл. информ. по объемам	Длина м	Уд. объем л/м	Объем литр	Ходы насоса ходы	Время минуты
BT	x	=		$\frac{\text{Объем производительность насоса}}{\text{Низкая скорость насоса}}$	$\frac{\text{Ходы насоса}}{\text{Низкая скорость насоса}}$
TBT	x	=	+		
UBT	x	=	+		
<b>Объем бурильной колонны</b>		(D)	литр	(E)	ход
UBT x откр. ствол	x	=			
BT/TBT x откр. ствол	x	=	+		
<b>Объем затр. откр. ствола</b>		(F)	литр		ход
BT x колонна	x	(G) =	+		ход
<b>Общий объем в затр. пространстве</b>		(F + G) = (H)	литр		ход
<b>Общий объем скважины</b>		(D + H) = (I)	литр		ход
<b>Объем активных емкостей</b>		(J)	литр		ход
<b>Общий объем в активной системе</b>		(I+J)	литр		ход
<b>Общий объем наземных линий</b>			литр		ход



