

*Абдуллин Н.А.,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Пожарная и
промышленная безопасность»
Уфимский государственный нефтяной технический университет.
Россия, г. Уфа*

*Мукимов М.Р.,
студент,
2 курс, факультет «Горно-нефтяной»
Уфимский государственный нефтяной технический университет.
Россия, г. Уфа*

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНОСТИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРИ ЗАРЕЗКЕ БОКОВЫХ СТВОЛОВ

***Аннотация:** В статье рассматривается комплексный анализ причин аварийности при зарезке боковых стволов нефтегазовых скважин. Выявлены основные риски: человеческий фактор, износ оборудования и недостаточная надежность барьерных систем. Предложены организационно-технические и цифровые меры повышения безопасности. Реализация предложенного комплекса позволяет снизить аварийность и повысить эффективность работ по зарезке боковых стволов.*

***Ключевые слова:** промышленная безопасность, зарезка боковых стволов, аварийность, бурение скважин, нефтегазовая отрасль.*

***Annotation:** The article provides a comprehensive analysis of the causes of accidents during the drilling of side branches of oil and gas wells. The main risks identified include human error, equipment wear, and insufficient reliability of barrier systems. The article proposes organizational, technical, and digital*

measures to improve safety. Implementing these measures can reduce accidents and increase the efficiency of side branch drilling operations.

Key words: *industrial safety, sidetracking, accidents, well drilling, the oil and gas industry.*

Зарезка боковых стволов (ЗБС) является технологически сложным процессом реконструкции скважин, который несет в себе повышенные риски возникновения аварийных ситуаций и производственного травматизма. Сложность обусловлена необходимостью выполнения работ в условиях действующего фонда скважин, ограничением геометрии бурового оборудования и высокой вероятностью осложнений, таких как прихваты инструмента, поглощения промывочной жидкости или нарушения целостности колонны. Статистический анализ показывает, что значительная доля аварий при ЗБС связана с несоблюдением технологических регламентов, использованием изношенного оборудования и недостаточным уровнем подготовки персонала [1].

Ключевым фактором обеспечения промышленной безопасности при бурении является строгое соблюдение нормативных требований, включая организацию рабочего места, контроль технического состояния буровых установок и регулярный инструктаж работников. Современные подходы к управлению рисками смещают акцент с реактивных методов (ликвидация последствий) на проактивные, которые включают детальное планирование работ, анализ «человеческого фактора» и применение автоматизированных систем контроля. Совершенствование системы безопасности персонала требует интеграции передовых технических решений с организационными мерами, направленными на повышение квалификации сотрудников и автоматизацию наиболее трудоемких процессов.

В рамках формирования комплексной системы обеспечения безопасности необходимо учитывать специфику работы при ЗБС:

1. Необходимость точного контроля пространственного положения ствола скважины для исключения повреждения соседних скважин.
2. Регулярный технический аудит состояния буровой установки и бурового оборудования, включая проверки после проведения ремонтных работ или при изменении условий эксплуатации [2].
3. Внедрение механизмов экспертной оценки рисков, позволяющих учитывать индивидуальные характеристики каждой скважины, включая степень их износа или пассивный статус [3].

Анализ аварийности при работ по ЗБС требует применения системного подхода, сочетающего статистические, графоаналитические и вероятностные методы для выявления доминирующих причин и факторов риска. Основные аварии связаны с механическими повреждениями оборудования и человеческим фактором, что подтверждается данными по эксплуатации скважин в России и за рубежом.

Традиционный подход к анализу аварийности основывается на сборе и обработке статистических данных о происшествиях за длительный период. Источником информации служат акты расследования аварий, оперативные отчеты буровых и геолого-технологических служб, а также базы данных по осложнениям, ведущиеся в нефтяных компаниях. Статистический анализ позволяет выявить структуру аварийности, установить наиболее часто встречающиеся виды осложнений и оценить долю непроизводительного времени, затрачиваемого на их ликвидацию.

Одним из наиболее эффективных направлений углубленного анализа аварийности является вероятностно-статистический подход, позволяющий не просто констатировать факт аварии, но и количественно оценить уровень риска. Данный метод основан на обработке статистических выборок с привлечением аппарата математической статистики и методов кластеризации. В рамках данного подхода выполняются следующие последовательные действия: оценка частоты (вероятности) возникновения различных типов

аварийных ситуаций; количественная оценка последствий каждой аварии по ключевым показателям — времени, затраченному на ликвидацию, и величине материального ущерба; применение нечеткого кластер-анализа для группировки аварийных ситуаций по степени тяжести; построение зависимости частоты аварий от обобщенного показателя их последствий и расчет интегрального показателя риска.

В ходе анализа данным методом установлено, что частота аварий снижается по гиперболическому закону при увеличении обобщенного показателя тяжести их последствий. Такой подход позволяет не только прогнозировать вероятность возникновения того или иного класса осложнений при проектировании ЗБС, но и экономически обосновывать необходимость внедрения тех или иных превентивных мероприятий, направленных на снижение потенциального ущерба [4].

Для проведения превентивного анализа аварийности на самых ранних стадиях — при проектировании конструкции скважины и разработке технологического регламента на проведение работ по ЗБС — широкое применение находит методология анализа видов и последствий потенциальных несоответствий (FMEA). Данный метод позволяет системно идентифицировать все потенциальные отказы и дефекты технологического процесса и оборудования, а также оценить тяжесть их последствий при бурении скважин и на месторождениях со сложными инженерно-геологическими условиями [5].

Анализ аварийности при ЗБС представляет собой многоуровневую задачу, объединяющую анализ статистических данных, вероятностное моделирование и предиктивную аналитику в реальном времени. Комплексное применение данных подходов позволяет формализовать причины аварий, классифицировать осложнения и выработать эффективные превентивные меры.

Совершенствование системы безопасности персонала требует интеграции нормативных требований, автоматизированных систем контроля и повышения квалификации, что обеспечит переход от реактивных к проактивным подходам. Проведение предложенных анализов, позволит минимизировать производственный травматизм и повысить эффективность реконструкции скважин, способствуя устойчивому развитию нефтегазовой отрасли.

Использованные источники:

1. Мухаметшин Р.З., Минекаева Д.Р. Оценка эффективности зарезки боковых горизонтальных стволов в Радаевско-Бобриковских отложениях Ромашкинского месторождения // Бурение и нефть. 2019. № 10. С. 23-26.
2. ПБ 03-428-02. Правила безопасности при строительстве подземных сооружений / Утверждены постановлением Госгортехнадзора РФ от 2 ноября 2001 года №49.
3. Рыбалов Э. А., Фомина Е. Е., Глебова Е. В. Применение методов кластеризации для установления уровней опасности нефтяных и газовых скважин, находящихся в состоянии консервации и/или ликвидации // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2024. №3 (318). С. 67–74.
4. Анализ и оценка степени риска аварий при бурении скважин / Т. В. Хисметов, Г. М. Эфендиев, К. А. Джафаров, А. А. Абдиров // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 10. – С. 46-48.
5. Кастанеда К. Б., Красноперова С.А. Применение методологии FMEA в бурении // Управление техносферой [Электронный ресурс]. URL: <http://fing.udsu.ru/technosphere> (дата обращения: 1.05.2026).