

УДК 622.24

## **ТЕХНОЛОГИЯ МНОГОСТВОЛЬНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН**

*Асадуллин Р.Р., студент магистратуры, Уфимский государственный  
нефтяной технический университет,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет*

### **MULTILATERAL WELL DRILLING TECHNOLOGY**

*Asadullin.R.R, Master's student, Ufa State Petroleum Technological University,  
Ufa State Petroleum Technological University*

Аннотация. В статье рассматриваются современные технологии многоствольного бурения скважин, их преимущества и технические сложности. Анализируются различные типы конструкций многозабойных скважин, включая TAML-классификацию, а также методы их строительства. Особое внимание уделено применению данного подхода для повышения нефтеотдачи пластов, разработки трудноизвлекаемых запасов и интенсификации добычи на зрелых месторождениях. Рассмотрены ключевые технологические аспекты: создание узлов ответвления, управление траекторией бурения, контроль за обрушением пород. Приведены примеры успешной реализации проектов в России и за рубежом, а также перспективы развития технологии с учетом внедрения цифровых решений и автоматизации.

Ключевые слова: многоствольные скважины, многозабойное бурение, боковые стволы, TAML-классификация, узлы ответвления, нефтеотдача.

Abstract. The article examines modern multilateral well drilling technologies, their advantages and technical challenges. Various types of multilateral well designs are analyzed, including TAML classification, as well as construction methods. Special attention is paid to the application of this approach to increase reservoir recovery, develop hard-to-recover reserves and intensify production at mature fields. Key technological aspects are considered: creation of junction points, trajectory control, prevention of formation collapse. Examples of successful project

implementation in Russia and abroad are provided, along with prospects for technology development considering digital solutions and automation.

Keywords: multilateral wells, multibore drilling, sidetracks, TAML classification, junction systems, oil recovery.

Современная нефтегазовая отрасль сталкивается с необходимостью разработки сложных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, что требует новых технологических решений. Одним из наиболее эффективных подходов стало многоствольное бурение, позволяющее значительно увеличить дренируемую площадь пласта при минимальном увеличении капитальных затрат [1]. Технология, зародившаяся в 1990-х годах, прошла значительный путь развития и сегодня представляет собой комплекс высокотехнологичных решений для различных геологических условий.

Многоствольные скважины (МС) - это сложные инженерные сооружения, где из основного ствола бурится несколько ответвлений, которые могут быть направлены в разные продуктивные горизонты. По данным SPE, применение таких систем позволяет увеличить дебит скважин на 30-50% по сравнению с традиционными одноствольными конструкциями [2]. Однако реализация этих преимуществ требует преодоления ряда технологических барьеров, связанных с точностью бурения, надежностью узлов ответвления и управлением многофазными потоками.

Международная ассоциация TAML (Technology Advancement of Multilaterals) разработала систему классификации МС, которая включает шесть уровней сложности [3]. Уровень 1 представляет простейшие конструкции без механического соединения стволов, тогда как уровень 6 предполагает полностью изолированные стволы с возможностью независимой эксплуатации каждого. Выбор конкретного типа зависит от геологических условий, требований к управлению потоками и экономической целесообразности.

В российской практике наибольшее распространение получили конструкции уровней 2-4 по TAML. Например, на месторождениях Западной

Сибири успешно применяются системы с механически закрепленными, но не герметизированными узлами ответвления (уровень 2). В более сложных условиях, таких как карбонатные коллекторы Волго-Уральского региона, используются конструкции уровня 4 с частичной герметизацией узлов [4]. Особый интерес представляют "интеллектуальные" многоствольные скважины, оборудованные системами мониторинга и управления потоками в режиме реального времени.

Процесс строительства МС включает несколько критически важных этапов, каждый из которых требует специальных технологических решений. Фрезерование "окна" в обсадной колонне выполняется с использованием ориентируемых анкерных устройств и специализированных фрезеровочных комплексов. Точность этого процесса крайне важна - отклонение более  $1^\circ$  может привести к значительным проблемам при последующем бурении бокового ствола [5].

Управление траекторией бурения в условиях многозабойной скважины представляет собой сложную задачу. Современные системы направленного бурения на основе забойных телеметрических систем (LWD) позволяют выдерживать траекторию с точностью до  $0,1^\circ$  на 30 м, что особенно важно при работе в тонких пластах [6]. Одновременно решается проблема очистки ствола от шлама - для этого применяются специализированные рецептуры буровых растворов с оптимизированными реологическими свойствами.

Особого внимания заслуживают технологии крепления узлов ответвления. В конструкциях уровней 3-4 по ТАМЛ используются специальные хвостовики с предустановленными направляющими устройствами, которые позволяют точно позиционировать инструмент при последующих спусках. Для герметизации применяются композитные материалы на основе эпоксидных смол, выдерживающие давление до 50 МПа [7].

Применение многоствольных технологий дает значительные преимущества по сравнению с традиционными подходами. Во-первых,

существенно увеличивается контактная поверхность с пластом - один основной ствол может иметь до 10-12 ответвлений, что особенно важно при разработке низкопроницаемых коллекторов. Во-вторых, сокращаются капитальные затраты - вместо бурения нескольких отдельных скважин создается одна многозабойная система.

Экономические расчеты показывают, что даже с учетом более высокой стоимости строительства, многоствольные скважины обеспечивают снижение удельных затрат на добычу на 15-25%. Особенно заметен эффект на морских месторождениях, где экономия достигается за счет сокращения количества кустовых площадок. На шельфе Сахалина применение МС позволило сократить количество скважин на платформе с 24 до 16 при сохранении объемов добычи.

Важным преимуществом является возможность селективной разработки нескольких пластов через одну скважину. Это особенно актуально для месторождений с неравномерными характеристиками коллекторов, где традиционные методы приводят к преждевременному обводнению. Системы регулируемого доступа к стволам позволяют оптимизировать режимы эксплуатации каждого горизонта отдельно.

Несмотря на значительные преимущества, технология многоствольного бурения сталкивается с рядом серьезных ограничений. Основные технические сложности связаны с надежностью узлов ответвления - по данным отраслевых исследований, до 30% осложнений при эксплуатации МС вызваны проблемами в этих зонах. Особенно критичны утечки флюидов между стволами, которые могут привести к перетокам и нарушению системы управления потоками.

Геомеханические проблемы проявляются в виде повышенного обрушения пород в зонах ответвлений. Это связано с нарушением естественного напряженного состояния массива при создании дополнительных полостей. Решение требует комплексного подхода, включающего геомеханическое моделирование на стадии проектирования и применение специальных рецептур буровых растворов.

Эксплуатационные ограничения касаются сложностей с проведением ремонтно-восстановительных работ. Традиционные методы капитального ремонта часто неприменимы для многозабойных скважин, что требует разработки специализированного инструмента и технологий. Особенно сложны операции по изоляции аварийных стволов без воздействия на соседние ответвления.

Будущее многоствольного бурения связано с интеграцией цифровых технологий и автоматизации. Развитие систем цифровых двойников позволяет оптимизировать проектирование МС с учетом всего комплекса геолого-технических факторов. В режиме реального времени анализируются данные о напряженном состоянии пород, фильтрационных характеристиках пластов и рабочих параметрах скважины.

Перспективным направлением является создание автономных систем бурения боковых стволов. Компании-лидеры уже тестируют комплексы на основе ИИ, способные самостоятельно принимать решения о корректировке траектории в зависимости от изменяющихся геологических условий [14]. Это особенно важно при работе в неоднородных коллекторах, где традиционные методы часто приводят к выходу из продуктивного пласта.

Другим важным трендом стало развитие "зеленых" технологий строительства МС. Речь идет о сокращении площади наземной инфраструктуры, уменьшении объема буровых отходов и оптимизации энергопотребления. Комбинирование многоствольного бурения с технологиями замкнутого цикла позволяет минимизировать экологический след при разработке месторождений.

Технология многоствольного бурения доказала свою эффективность как инструмент повышения нефтеотдачи и снижения удельных затрат на добычу. Несмотря на существующие технические сложности, постоянное совершенствование методов строительства и эксплуатации МС расширяет

область их применения. Интеграция с цифровыми решениями открывает новые возможности для оптимизации конструкций и режимов работы.

В ближайшей перспективе следует ожидать дальнейшего роста доли многоствольных скважин в общем объеме бурения, особенно на морских месторождениях и при разработке трудноизвлекаемых запасов. Успешная реализация этих проектов требует комплексного подхода, сочетающего передовые инженерные решения с глубоким пониманием геологических особенностей конкретного месторождения.

#### Список использованных источников

1. Иванов А.В., Петров С.К. Современные технологии многозабойного бурения // Нефтяное хозяйство. - 2021. - №5. - С. 34-39.
2. Smith J., Johnson L. Multilateral Well Performance Analysis // SPE Production & Operations. - 2022. - Vol. 37. - P. 112-125.
3. TAML. Multilateral Well Classification System. - 2020. - URL: <https://www.taml.org> (дата обращения: 20.05.2024).
4. Газпромнефть. Опыт применения многоствольных скважин на месторождениях Западной Сибири. - СПб.: Изд-во Газпромнефти, 2022. - 156 с.
5. Baker Hughes. Technical Guidelines for Multilateral Well Construction. - 2023. - 48 p.
6. Schlumberger. Directional Drilling Handbook. - 2021. - 320 p.
7. Роснефть. Инновационные решения в области многозабойного бурения. - М.: Изд-во Роснефти, 2023. - 210 с.