УДК 622.248.9

ГИБКИЕ КОМПОНОВКИ БУРИЛЬНЫХ КОЛОНН ДЛЯ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

FLEXIBLE DRILL STRING ASSEMBLY FOR DRILLING HORIZONTAL OIL AND GAS WELLS

Кузнецов В.А.
кандидат технических наук,
доцент,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности

Аннотация. Одной из основных задач при бурении горизонтальных скважин является проектирование траектории, которая соответствует геологическим условиям и целям бурения. Это включает определение угла наклона и направления скважины, а также выбор оптимальной длины горизонтального участка. Для достижения заданной траектории скважины часто применяются гибкие КНБК, которые позволяют изменять направление бурения в процессе работы. Важным аспектом бурения горизонтальных скважин является контроль над направлением скважины, чтобы обеспечить точное выполнение заданной траектории. Для этого применяются специальные инструменты и технологии, такие как гироскопические системы навигации и системы реального времени для коррекции траектории. Для создания криволинейных участков скважины используются специализированные инструменты, такие как алмазные долота с угловыми насадками и гибкие компоновки бурильных колонн. Эти инструменты обеспечивают точное управление направлением бурения и создание нужной формы траектории. Алмазные долота с угловыми насадками представляют собой инновационные инструменты, используемые в бурении горизонтальных скважин для добычи нефти и газа. Эти долота имеют особенную конструкцию, которая обеспечивает эффективное проникновение сквозь горные породы, и обеспечивают высокую производительность процесса искривления горизонтальных скважин. Гибкие КНБК представляют собой комплексные системы, специально разработанные для бурения горизонтальных и наклонно-направленных скважин. Они состоят из нескольких основных компонентов, обеспечивающих гибкость, прочность и функциональность. Основной элемент гибких КНБК – гибкая оболочка, выполненная из специальных композитных материалов или сплавов. Эта оболочка способна прогибаться и изгибаться, следуя форме скважины, что позволяет бурить горизонтальные участки.

Ключевые слова: горизонтальная скважина, траектория, алмазные долота с угловыми насадками, гибкие КНБК, покрытие сверхтонким оксидом алюминия, прочность бурильных труб.

Kuznetsov V.A.
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Azerbaijan State University
of Oil and Industry

Annotation. One of the main tasks when drilling horizontal wells is to design a trajectory that matches the geological conditions and drilling objectives. This includes determining the inclination and direction of the well, as well as choosing the optimal length of the horizontal section. To achieve a given well trajectory, flexible BHAs are often used, which allow the direction of drilling to be changed during operation. An important aspect of drilling horizontal wells is controlling the direction of the well to ensure that the specified trajectory is followed accurately. For this purpose, special tools and technologies are used, such as gyroscopic navigation systems and real-time systems for trajectory correction. Specialized tools such as diamond bits with angle attachments and flexible drill string assemblies are used to create curved sections of the well. These tools provide precise control of the direction of drilling and the creation of the desired trajectory shape. Diamond angle bits are innovative tools used in drilling horizontal wells for oil and gas production. These bits have a special design that ensures effective penetration through rocks, and ensures high productivity in the process of bending horizontal wells. Flexible BHAs are complex systems specifically designed for drilling horizontal and directional wells. They are made up of several key components to provide flexibility, strength and functionality. The main element of flexible BHAs is a flexible shell made of special composite materials or alloys. This casing is capable of deflecting and bending to follow the shape of the well, allowing for horizontal drilling.

Keywords: horizontal well, trajectory, diamond bits with angle nozzles, flexible BHAs, ultra-thin aluminum oxide coating, drill pipe strength.

Введение. Бурение горизонтальных нефтяных скважин играет ключевую роль в добыче нефти и газа, особенно в условиях сложных геологических образований. Для повышения эффективности этого процесса применяются различные динамические компоновки.

Одной из основных задач при бурении горизонтальных скважин является проектирование траектории, которая соответствует геологическим условиям и целям бурения. Это включает определение угла наклона и направления скважины, а также выбор оптимальной длины горизонтального участка.

Для достижения заданной траектории скважины часто применяются наклонно-направленные методы бурения скважин, которые позволяют изменять направление бурения в процессе работы.

Важным аспектом бурения горизонтальных скважин является контроль над направлением скважины, чтобы обеспечить точное выполнение заданной траектории. Для этого применяются специальные инструменты и технологии, такие как гироскопические системы навигации и системы реального времени для коррекции траектории.

В процессе бурения горизонтальных скважин часто используются специализированные буровые жидкости, которые обладают определенными свойствами, способствующими улучшению циркуляционной способности и смазывающими свойствами бурового инструмента.

Гидравлический режим играет важную роль при бурении горизонтальных скважин, особенно в условиях высокого давления и температуры. Оптимизация параметров бурового раствора и давления позволяет минимизировать риск возникновения проблем, таких как засорение или разрушение стенок скважины.

Для увеличения дебита нефти и газа из горизонтальных скважин часто применяются технологии стимулирования, такие как гидроразрыв пласта или гидравлический разрыв. Они позволяют улучшить проницаемость пласта и увеличить добычу углеводородов.

Бурение горизонтальных скважин является сложным и технологически продвинутым процессом, требующим интеграции различных инженерных и геологических аспектов. Однако правильное выполнение всех этапов бурения позволяет достичь высокой производительности и эффективности добычи нефти и газа.

Направленное горизонтальное бурение нефтяных и газовых скважин представляет собой один из наиболее распространенных методов в морских условиях. Они позволяют прокладывать скважину вдоль заданного профиля, что особенно важно при дренировании месторождений или проникновении в определенные геологические слои.

Горизонтальные скважины представляют собой инновационные технологические решения, которые играют ключевую роль в современной нефтяной промышленности. Они позволяют осуществлять бурение скважин с изменяемым направлением и создавать сложные геометрические конфигурации, включая горизонтальные и изогнутые участки.

Ключевое преимущество горизонтальных скважин обеспечить возможность гибкого проектирования траектории скважины в зависимости от геологических особенностей месторождения и целей бурения. Они могут создавать различные изгибы и кривизну, что позволяет оптимизировать проходку скважины через неоднородные геологические горные породы.

Горизонтальные скважины оснащены передовыми навигационными системами, которые обеспечивают точное определение положения, и направления скважины в реальном времени. Это позволяет операторам корректировать траекторию бурения и минимизировать риски нежелательных отклонений.

Благодаря возможности бурения горизонтальных участков и создания криволинейных стволов, удается добиться увеличения длины разработанной зоны и, как следствие, повысить производительность и дебит скважины.

Горизонтальные скважины демонстрируют свою эффективность в самых разнообразных геологических условиях и формациях. Они успешно применяются как на суше, так и на море, а также в сложных горных условиях.

Результаты и их обсуждения. Бурение горизонтальных направленных скважин способствует увеличению контактной площади между скважиной и пластом, что улучшает процесс извлечения нефти и газа из пластов и повышает общий выход продукции.

Горизонтальные скважины представляют собой важный инструмент в арсенале нефтяных компаний, обеспечивая высокую эффективность и производительность в процессе разработки месторождений нефти и газа.

Для создания криволинейных участков скважины используются специализированные инструменты, такие как алмазные долота с угловыми насадками или гибкие КНБК (Компоновки низа бурильных колонн). Эти инструменты обеспечивают точное управление направлением бурения и создание нужной формы траектории [1–4].

Долота для бурения горизонтальных скважин. Алмазные долота с угловыми насадками представляют собой инновационные инструменты, используемые в бурении скважин для добычи нефти и газа. Эти долота имеют особенную конструкцию, которая обеспечивает эффективное проникновение сквозь горные породы и обеспечивает высокую производительность процесса бурения [5].

Алмазные долота с угловыми насадками имеют специальную форму, позволяющую им осуществлять бурение под углом к вертикальной оси. Это позволяет более эффективно проникать через горные породы и создавать искривления с определенным углом наклона.

Долота обычно оснащены алмазными насадками, что обеспечивает высокую прочность и износостойкость инструмента. Алмазные кристаллы на насадках проникают в горные породы, обеспечивая быстрое и эффективное их разрушение.

Благодаря специальной конструкции и использованию алмазных насадок, алмазные долота с угловыми насадками обеспечивают высокую скорость бурения и повышенную производительность. Они позволяют осуществлять бурение скважин быстрее и эффективнее по сравнению с традиционными методами.

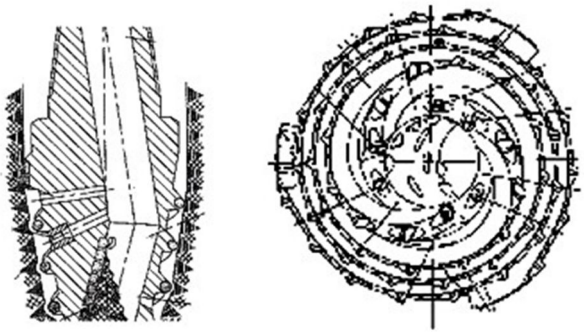

Рисунок 1 – Долото для бурения горизонтальных скважин

Алмазные долота с угловыми насадками могут использоваться в различных геологических условиях и типах горных пород. Они показывают высокую эффективность как при бурении скважин на суше, так и в условиях морского дна.

Благодаря высокой производительности и скорости бурения, алмазные е долота с угловыми насадками способствуют снижению затрат на бурение и повышению эффективности добычи нефти и газа. Они помогают сократить время проведения работ и увеличить выход продукции.

Алмазные долота обладают высокой прецизионностью и точностью при выполнении бурения. Они позволяют осуществлять контролируемое и точное проникновение сквозь горные породы, что минимизирует риски повреждения оборудования и обеспечивает высокое качество скважин.

Алмазные долота с угловыми насадками являются важным элементом в арсенале нефтяных компаний, обеспечивая высокую эффективность и производительность в процессе бурения скважин. Их применение позволяет сократить затраты и повысить выход продукции, что делает их незаменимыми инструментами в нефтяной промышленности.

Гибкие КНБК. Гибкие КНБК представляют собой комплексные системы, специально разработанные для бурения горизонтальных и наклонно-направленных скважин. Они состоят из нескольких основных компонентов, обеспечивающих гибкость, прочность и функциональность [6–10].

Основной элемент гибких КНБК – гибкая оболочка, выполненная из специальных композитных материалов или сплавов. Эта оболочка способна прогибаться и изгибаться, следуя форме скважины, что позволяет бурить криволинейные и горизонтальные участки.

Для обеспечения прочности и стабильности гибкой оболочки внутрь нее встраивают армирующие элементы. Это могут быть специальные металлические проволочные каркасы или волокнистые усилители, которые придают оболочке необходимую жесткость и прочность.

Таблица 1 – Прочность стальных труб и относительное удлинение их

Показатель	Группа прочности стали труб		Прочность труб, гибких марок стали	
Марки стали	Д	К	08Г20Ф	08Г20Ф6
Предел текучести, МПа	380	440	400	420
Предел прочности, МПа	650	1800	550	570
Относительное удлинение	16-12	12-10	22	22

Гибкие КНБК могут включать в себя управляемые элементы, такие как гидравлические или пневматические цилиндры, которые позволяют изменять геометрию и изгиб оболочки в процессе бурения. Это обеспечивает дополнительную гибкость и контроль над направлением бурения.

Для соединения гибкого КНБК с буровым оборудованием на поверхности скважины используются специальные соединительные элементы. Они обеспечивают надежную передачу вращательного движения и прокачку бурового раствора [11–15].

Для мониторинга работы гибкого КНБК и контроля его положения и направления часто встраиваются датчики и системы контроля. Они позволяют операторам следить за процессом бурения и корректировать его при необходимости.

Гибкие КНБК могут быть оборудованы защитными покрытиями и оболочками, которые увеличивают их срок службы и защищают от воздействия агрессивных сред и механических повреждений.

Покрытие наружной оболочки гибких КНБК сверхтонким оксидом алюминия может предоставить ряд преимуществ:

Сверхтонкий оксид алюминия обладает высокой стойкостью к коррозии, что защищает оболочку гибких КНБК от воздействия агрессивных сред, таких как вода, кислоты и щелочи, особенно в агрессивных условиях нефтяных и газовых скважин.

Покрытие сверхтонким оксидом алюминия может снизить коэффициент трения между оболочкой и стенками скважины, что способствует плавному прохождению ствола через горные породы и

уменьшает износ материала, может увеличить срок службы гибких КНБК за счет улучшения его износостойкости и стойкости к механическим повреждениям.

Оксид алюминия обладает высокой термической устойчивостью, что делает покрытие подходящим для работы в условиях высоких температур, которые часто встречаются в глубоких нефтяных и газовых скважинах.

Сверхтонкий оксид алюминия может помочь предотвратить образование осадков и отложений на поверхности КНБК, что может быть особенно важно при бурении в условиях высоких концентраций солей и других твердых частиц в буровом растворе.

Таким образом, покрытие наружной оболочки гибкого КНБК сверхтонким оксидом алюминия может значительно улучшить его характеристики и обеспечить более эффективное и долговечное использование в условиях бурения нефтяных и газовых скважин. Принцип работы гибких КНБК при бурении горизонтальной скважины основан на его способности прогибаться и изгибаться в нужном направлении. Под действием вращающегося бурового инструмента и гидравлического давления бурового раствора.

Гибкие КНБК вводится в скважину после прохождения вертикальной части. Он обычно состоит из нескольких соединенных сегментов, обеспечивающих его гибкость и подвижность (рис. 2).

Рисунок 2 – Гибкие бурильные трубы для бурения горизонтальных скважин.

С помощью специального навигационного оборудования, такие как измерительные системы, в процессе бурения (MWD), инклинометры и акустические датчики, бурильщики контролируют направление и угол наклона гибких КНБК, чтобы достичь заданной точки профиля скважины.

Буровой инструмент, прикрепленный к концу гибкого КНБК, может вращаться как с помощью забойного двигателя, так и ротора. Это вращение передается через гибкие КНБК до алмазного долота с угловыми насадками, что позволяет ему эффективно разбуривать горную породу.

Буровой раствор, подаваемый в ствол, создает гидравлическое давление, которое помогает в преодолении сопротивления горной породы и удалении бурового шлама.

Гибкие КНБК способны изгибаться и прогибаться в нужном направлении под воздействием вращающегося бурового инструмента и гидравлического давления бурового раствора. Это позволяет ему проникать в горные породы и продвигаться вдоль желаемого пути, создавая горизонтальную часть скважины.

Во время бурения происходит постоянный мониторинг параметров бурения, таких как направление, угол наклона, скорость вращения и гидравлическое давление. Эти данные используются для коррекции работы гибкого КНБК и обеспечения точного бурения горизонтальной скважины.

Таким образом, гибкие КНБК представляют собой важный элемент в процессе бурения горизонтальных скважин, позволяя обеспечить точность и эффективность процесса и добиться нужной геометрии скважины.

Выводы. Применение гибких КНБК с наружной оболочкой из сверхтонкого оксида алюминия имеет ряд значительных преимуществ.

1. Увеличение гибкости и маневренности: Сверхтонкая оболочка из оксида алюминия придает КНБК высокую гибкость, что позволяет ему преодолевать изгибы и препятствия в скважине с минимальным сопротивлением. Это повышает эффективность и точность бурения.

2. Снижение веса и сопротивления: Оксид алюминия является легким материалом, что снижает общий вес гибких КНБК и уменьшает трение при его движении по скважине. Это сокращает износ оборудования и увеличивает его срок службы.

3. Улучшенная коррозионная стойкость: Сверхтонкая оболочка из оксида алюминия обладает высокой коррозионной стойкостью, что делает гибкие КНБК долговечными и надежными в условиях агрессивных сред.

4. Повышенная стойкость к износу: Использование материала высокой прочности, такого как оксид алюминия, улучшает стойкость гибкого КНБК к механическим повреждениям и износу, что снижает необходимость в регулярном обслуживании и замене.

5. Экономия времени и ресурсов: Применение гибких КНБК с сверхтонкой оболочкой из оксида алюминия позволяет сократить время бурения и ресурсы, необходимые для поддержания и обслуживания оборудования.

Таким образом, применение гибкого КНБК с наружной оболочкой из сверхтонкого оксида алюминия обеспечивает улучшенную производительность и надежность бурения горизонтальных скважин, а также снижает операционные издержки и общие затраты на эксплуатацию.

Список литературы:

1. Research on flexible drill string dynamics for extended reach well drilling / D. Gao [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2017. – № 157. – P. 51–60.
2. Ali M.Y. A review of the state-of-the-art drilling technologies and practices / Ali M.Y. & S. Elkatatn // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2019. – № 173. – P. 951–978.
3. Alkaya A.F. Downhole drilling dynamics analysis of horizontal well drilling. International / A.F. Alkaya, A.E. Khalil, & O.G. Apaydin // Journal of Oil, Gas and Coal Technology. – 2015. – № 10(2). – P. 203–220.
4. Study on drilling induced lateral vibrations of flexible drill string during horizontal drilling / J. Behura, R.D. Garg, S. Mishra, M. Verma // Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2017. – № 45. – P. 11–22.
5. Долото для бурения горизонтальных скважин. RU2360096C1.
6. Advanced drilling techniques: A review / S. Elkatatny [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2018. – № 170. – P. 1178–1206.
7. Vaziri H., Zhong Y. Investigation of drag and torque in extended reach horizontal drilling // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2015. – № 135. – P. 725–734.
8. Advanced drilling techniques: A review / S. Elkatatny [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2018. – № 170. – P. 1178–1206.
9. Saleri N. The future of oil and gas: A Glimpse into the future. Wiley / N. Saleri, M. John. – 2008.
10. Wang Y. Comprehensive Review of Advances in Extended Reach Drilling Technologies / Y. Wang, H. Elshahawi, M. Amanullah // Society of Petroleum Engineers. – 2019.
11. Economides M.J. Petroleum production systems. Prentice Hall / M.J. Economides, D.S. Martin, P.P. Valkó. – 2007.
12. Research on flexible drill string dynamics for extended reach well drilling / D. Gao [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2017. – № 157. – P. 51–60.
13. Research on real-time monitoring and optimization of the process parameters in the extended reach drilling / Y. Liu [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2016. – № 147. – P. 260–271.
14. Moayedi H. Advanced drilling technology. Springer / H. Moayedi, N. Rezaei. – 2016.
15. Brezinski D.J. Advanced well completion engineering / D.J. Brezinski. – Gulf Professional Publishing, 2008.

List of references:

1. Research on flexible drill string dynamics for extended reach well drilling / D. Gao [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2017. – № 157. – P. 51–60.
2. Ali M.Y. A review of the state-of-the-art drilling technologies and practices / Ali M.Y. & S. Elkatatn // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2019. – № 173. – P. 951–978.
3. Alkaya A.F. Downhole drilling dynamics analysis of horizontal well drilling. International / A.F. Alkaya, A.E. Khalil, & O.G. Apaydin // Journal of Oil, Gas and Coal Technology. – 2015. – № 10(2). – P. 203–220.
4. Study on drilling induced lateral vibrations of flexible drill string during horizontal drilling / J. Behura, R.D. Garg, S. Mishra, M. Verma // Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2017. – № 45. – P. 11–22.
5. Bit for drilling horizontal wells. RU2360096C1.
6. Advanced drilling techniques: A review / S. Elkatatny [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2018. – № 170. – P. 1178–1206.
7. Vaziri H., Zhong Y. Investigation of drag and torque in extended reach horizontal drilling // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2015. – № 135. – P. 725–734.
8. Advanced drilling techniques: A review / S. Elkatatny [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2018. – № 170. – P. 1178–1206.
9. Saleri N. The future of oil and gas: A Glimpse into the future. Wiley / N. Saleri, M. John. – 2008.
10. Wang Y. Comprehensive Review of Advances in Extended Reach Drilling Technologies / Y. Wang, H. Elshahawi, M. Amanullah // Society of Petroleum Engineers. – 2019.
11. Economides M.J. Petroleum production systems. Prentice Hall / M.J. Economides, D.S. Martin, P.P. Valkó. – 2007.
12. Research on flexible drill string dynamics for extended reach well drilling / D. Gao [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2017. – № 157. – P. 51–60.
13. Research on real-time monitoring and optimization of the process parameters in the extended reach drilling / Y. Liu [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2016. – № 147. – P. 260–271.
14. Moayedi H. Advanced drilling technology. Springer / H. Moayedi, N. Rezaei. – 2016.
15. Brezinski D.J. Advanced well completion engineering / D.J. Brezinski. – Gulf Professional Publishing, 2008.