

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2025.3.233-241>

EDN RLOQSZ

УДК 622.24.053

Технические аспекты использования шарошечного калибратора в качестве опорно-центрирующего элемента бурильной колонны

Щевелев А.А., Ишбаев Г.Г., Валямов К.Р., Ковалевский Е.А.

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Уфа, Россия*

Technical aspects of using a roller reamer as a support-centering element of a drill string

A.A. Shchevelev, G.G. Ishbaev, K.R. Valyamov, E.A. Kovalevsky

Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

E-mail: Shchevelev-a@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению практической эффективности опорно-центрирующих элементов при строительстве наклонно-направленных скважин, с акцентом на преимущества шарошечного калибратора, который, благодаря уменьшенной площади контакта с горной породой, снижает крутящий момент в нижней части бурильной колонны. Это улучшает качество бурения и формирование ствола, обеспечивая стабильную работу и снижая нагрузку на устье скважины, что делает калибратор перспективным инструментом для современных буровых технологий.

Ключевые слова: нефть, газ, бурение, шарошечный калибратор, роликовый калибратор, шарошечный расширитель

Для цитирования: Щевелев А.А., Ишбаев Г.Г., Валямов К.Р., Ковалевский Е.А. Технические аспекты использования шарошечного калибратора в качестве опорно-центрирующего элемента бурильной колонны // Нефтяная провинция.-2025.-№3(43).-С. 233-241. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2025.3.233-241>. - EDN RLOQSZ

Abstract. The article discusses the practical effectiveness of support-centering elements in constructing directional wells, focusing on the advantages of a roller reamer that reduces

torque in the lower part of the drill string due to its decreased contact area with the rock formation. This enhances drilling quality and borehole shaping, ensuring stable operation and reducing load on the wellhead, making the reaming a promising tool for modern drilling technologies.

Key words: *oil, gas, drilling, stabilizer, roller stabilizer, roller reamer*

For citation: A.A. Shchevelev, G.G. Ishbaev, K.R. Valyamov, E.A. Kovalevsky Tekhnicheskiye aspekty ispol'zovaniya sharoshechnogo kalibratora v kachestve oporno-tsentriruyushchego elementa buril'noy kolonny [Technical aspects of using a roller reamer as a support-centering element of a drill string]. Neftyanaya Provintsiya, No. 3(43), 2025. pp. 233-241. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2025.3.233-241>. EDN RLOQSZ (in Russian)

Введение

В современных условиях нефтегазодобывающей отрасли наблюдается тенденция к значительному усложнению процесса бурения. Это связано с несколькими ключевыми факторами по увеличению общего количества скважин, роста сложности траекторий бурения, повышение скорости проходки, увеличение количества скважин с большим отклонением от вертикали, расширение практики бурения протяженных горизонтальных участков. В этих условиях особую значимость приобретает применение опорно-центрирующих элементов (ОЦЭ), которые играют ключевую роль в обеспечении качественного бурения.

К основным типам опорно-центрирующих элементов относятся центраторы, калибраторы, стабилизаторы, отличающиеся друг от друга в основном местом расположения в бурильной колонне, длиной устройства и спецификой выполняемых задач (Рис. 1). Эффективное использование ОЦЭ позволяет обеспечить стабильность траектории бурения, предотвратить желобообразование, снизить риск сужения ствола, улучшить качество цементировочных работ, повысить механическую скорость проходки, увеличить долговечность долот. Таким образом, применение опорно-центрирующих элементов остается неотъемлемым компонентом современного бурения, особенно при работе со сложными скважинами и горизонтальными участками.

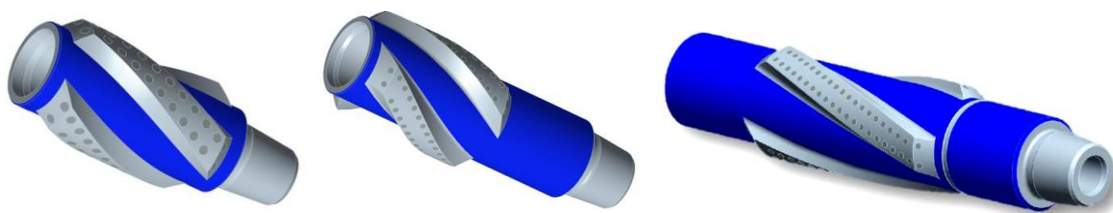


Рис. 1. Калибраторы спиральные без захвата под ключ, с одним и двумя захватами под ключ

Согласно отраслевому стандарту ОСТ 39-078-79, основные типы опорно-центрирующих элементов определяются следующим образом. Калибратор предназначен для калибрования ствола скважины, центрирования и улучшения условий работы долота и забойного двигателя, устанавливается непосредственно над долотом. Центратор предназначен для стабилизации траектории наклонно-направленных скважин, устанавливается над калибратором или в колонне бурильных труб. Стабилизатор – для стабилизации направления ствола скважины, устанавливается над калибратором или в колонне бурильных труб [1]. Расстояние от долота до места установки центраторов и стабилизаторов определяется расчетным путем. В западной практике (США, Канада) все эти элементы объединены под общим названием “стабилизаторы”. Таким образом, несмотря на различия в названиях и местах установки, все эти устройства являются вариациями одного типа инструмента, предназначенного для обеспечения стабильного и прямолинейного бурения.

Основная часть

Калибраторы любой конструкции помимо своей основной функции - калибрования (фрезерования) ствола скважины и центрирования бурового инструмента, выполняют второстепенные функции служат дополнительной опорой в КНБК и влияют на процесс искривления скважины. Пренебрежение влиянием калибратора может привести к получению результатов, противоположных ожидаемым, особенно при использовании центратора в качестве управляющего элемента компоновки.

Управление траекторией скважины осуществляется через контроль точки касания компоновки со стенками скважины для создания боковых сил, в зависимости от положения элемента в компоновке бурильной колонны (Рис. 2). Если опорно-центрирующий элемент достаточно далеко от долота, это может не иметь никакого эффекта на поведение КНБК. При более близком расположении к долоту происходит изменение точки касания компоновки со стенкой скважины.

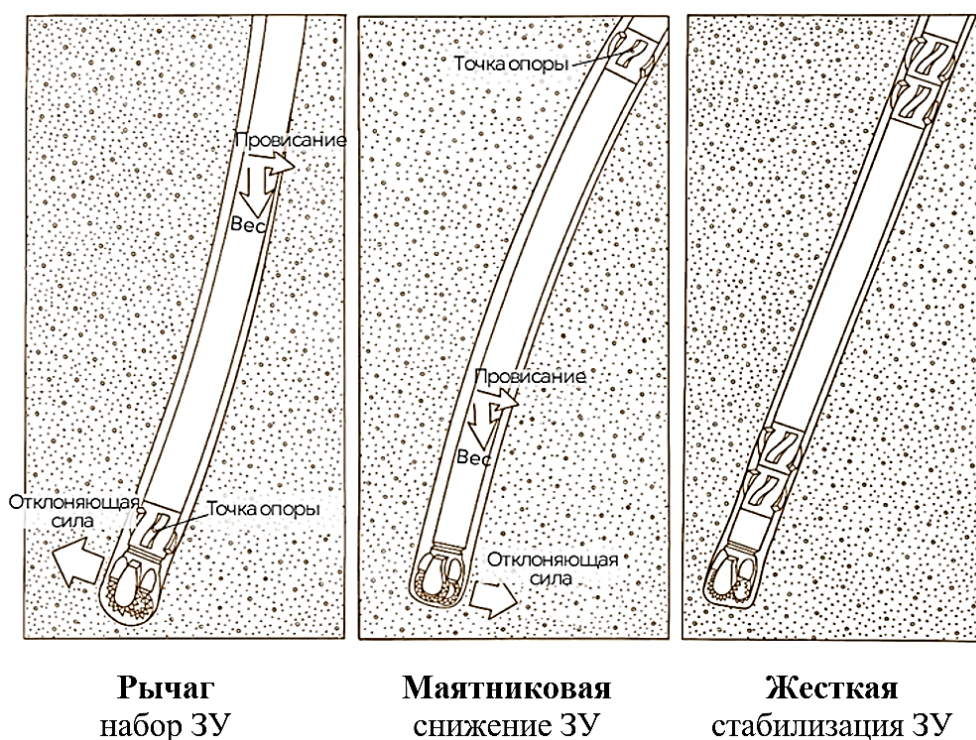


Рис. 2. Типы роторных компоновок (рычажная, маятниковая и жесткая)

При установке над долотом полноразмерного калибратора за счёт веса выше расположенного забойного двигателя или УБТ долото прижимается к верхней стенке ствола скважины, что ведёт к увеличению зенитного угла скважин. Если калибратор не полноразмерный, т.е. его диаметр меньше диаметра долота, темп роста зенитного угла уменьшается. Если из компоновки низа бурильной колонны исключить центраторы, то за счёт сил тяжести УБТ или забойного двигателя долото будет прижиматься к нижней стенке, и зенитный угол станет уменьшаться, т.е. если нагрузка на долото равна нулю, работает только эффект отвеса для снижения боковой силы, которая

направлена вниз. При увеличении нагрузки появляется сила, направленная вверх, точка касания приближается к долоту, эффект отвеса уменьшается. При применении осевой нагрузки (вес на долото) получаем положительные изгибающие силы, эффект отвеса на падение уменьшается [3].

При проектировании компоновки необходимо учитывать все факторы влияния калибратора, правильно подбирать тип и размеры, рассчитывать взаимодействие с другими элементами КНБК, учитывать взаимное расположение элементов КНБК, контролировать нагрузку на долото, учитывать эффект отвеса при проектировании траектории [7]. Для эффективного управления траекторией бурения необходимо соблюдение нескольких ключевых условий, основные требования, минимальный зазор между центром и стенкой скважины, возможное исключение зазора полностью, обеспечение полно размерности центраторов, минимизация износа рабочих элементов. В то же время необходимо либо исключить, либо значительно уменьшить износ рабочих элементов во время бурения и спуско-подъёмных операций, а также добиться полноразмерности центраторов в процессе работы долота.

Отсутствие опорно-центрирующих элементов в бурильной колонне создаёт риск её бокового смещения, что влечёт за собой комплекс проблем: от нарушения управления траекторией бурения и образования желобов до ухудшения очистки скважины, снижения эффективности и качества работ из-за возникающих вибраций.

Использование современных конструкций калибраторов, таких как шарошечные модели от ООО НПП «БУРИНТЕХ», позволяет комплексно решать задачи управления траекторией и обеспечения долговечности оборудования.



Рис. 3. Шарошечный калибратор КР2-215,9 СТ.П-133-133

Шарошечные калибраторы обладают широким спектром применения и технических преимуществ. Их можно применять как в роли наддолотных, так и колонных опорно-центрирующих элементов. (Рис. 3). В качестве вспомогательного режущего инструмента для поддержания номинального диаметра скважины и уменьшения извилистости траектории ствола, дополнительно расширяя или уплотняя стенки скважины, что в дальнейшем позволяет осуществить спуск обсадной колонны без дополнительных проработок [2, 4].

Шарошечные калибраторы изменяют взаимодействие между стенкой ствола скважины и точками контакта, вводя подшипник с низким коэффициентом трения между КНБК и стенкой ствола скважины [6]. Три независимо вращающихся друг относительно друга шарошки (ролика) с минимизированной зоной контакта позволяют значительно снизить трение колонны относительно стенки скважины и соответственно возникающий при этом момент [5]. Данный фактор позволяет снизить вероятность прихвата колонны, уменьшить количество срывов. В свою очередь это положительно влияет на надежность оборудования: увеличивается время между отказами элементов КНБК, снижается повреждения от усталости металла, повышается надежность телеметрической системы, улучшается работа резьбовых соединений, положительно влияет на двигательные и роторно-управляемые системы. А для породоразрушающего инструмента более эффективно использование мощности, увеличение ресурса, повышение качества бурения.

По качеству скважины получается гладкими с откалиброванными стенками ствола, что улучшает условия для спускоподъемных операций, проведения каротажа или спуска обсадной колонны. Указанные теоретические изыскания подтверждаются опытом применения шарошечных калибраторов на одном из месторождений Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [4]. Шарошечный калибратор решает ряд проблем, связанных с динамическими нагрузками в процессе бурения по устранению крутильных

колебаний благодаря независимому вращению шарошек и равномерному распределению нагрузки по поверхности контакта, снижается вибраций в колонне [8]. В процессе бурения с вращением шарошечный калибратор снижает скручивающие и осевые нагрузки бурильной колонны, вследствие чего происходит снижение крутящего момента на устье и веса на крюке. Снижение негативного влияния крутильных вибраций, увеличивает ресурс породоразрушающего инструмента, что позволяет увеличить механическую скорость проходки, а также снизить риск выхода из строя забойного оборудования.

Выводы

Таким образом, благодаря уменьшенной зоне соприкосновения с горной породой, шарошечные калибраторы НПП «БУРИНТЕХ», используемые в качестве опорно-центрирующих элементов при бурении наклонно-направленных скважин, обеспечивают существенное снижение крутящего момента в нижней части бурильной колонны, стабилизируют процесс бурения и уменьшают нагрузку на устье скважины, также минимизируют вихревые и торсионные колебания, что предотвращает «подвисание» колонны и позволяет оптимизировать весь процесс строительства скважин [4, 8].

Список литературы

1. Гирфанова Н.И., Щевелёв А.А., Левинсон Л.М., Янгиров Ф.Н. «Обзор классификации опорно-центрирующих элементов и их назначение в бурильной колонне», статья опубликована в журнале «Технология бурения и освоение скважин» номер №119 март 2019, DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-3-35-46.
2. Патент 191488 РФ. МПК E21B 10/30, E21B 17/10. Шарошечный калибратор. Ишбаев Г.Г., Мыкалкин В.В., Валямов К.Р., Гурьев И.С., Щевелёв А.А. Заявлено 28.05.2019, регистрация 07.08.2019.
3. Калинин А.Г. Искривление скважин. Москва. Недра, 1974. - 304 с.
4. Ишбаев Г.Г., Балута А.Г., Мыкалкин В.В., Щевелёв А.А., Гурьев И.С. «Технические решения НПП «БУРИНТЕХ» увеличения подвижности бурильной колонны при наклонно-направленном бурении». статья опубликована в журнале «Бурение и нефть» №4 апрель 2025. DOI: 10.62994/2072-4799.2025.28.33.001.
5. Sowers S.F., Dupriest F.E., Bailey J.R., Wang L. «Roller Reamers Improve Drilling Performance in Wells Limited by Bit and DHA Vibrations». SPE-119375. SPE/EIDC Drilling Conference and Exhibition held in Amsterdam. The Netherlands, 17-19 March 2009.

6. Stroul D., Bird N., Norton P., Kennedy M., Greener M. «Roller Reamer Fulcrum in Point-The-Bit Rotary Steerable System Reduces Stick-Slip and Backward Whirl». SPE-151603. SPE/EIDC Drilling Conference and Exhibition held in San Diego, California, USA, 6-8 March 2012.
7. Galaby A., Cardenas M., Cengiz O., Ibragim S., Krikor A., Sebanne S., Fedorov A. «Break-through in Drilling Performance Using Advanced Dynamic Modeling». SPE-196533. SPE/EIDC Drilling Conference and Exhibition held in Bali, Indonesia, 29-31 October 2019.
8. Breton M., Mayol J., Gerlero M., Rojars O., Leon G., Tocantins J.P. Mitigating Vibration with RR Technology Improves Drilling Efficiency in Hard/Abrasive Formation. SPE-169249. SPE/EIDC Drilling Conference and Exhibition held in Maracaibo, Venezuela, 21-23 May 2014.

References

1. Girfanova N.I., Shchevelev A.A., Levinson L.M., Yangirov F.N. "Overview of the classification of support-centering elements and their purpose in the drill string", the article was published in the journal "Drilling Technology and Well Development" issue No. 119 March 2019, DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-3-35-46. (in Russian)
2. Patent. 191488 RF. IPC E21B 10/30, E21B 17/10. Roller calibrator. Ishbaev G.G., Mykalkin V.V., Valyamov K.R., Guryaev I.S., Shchevelev A.A. Declared 05/28/2019, registration 08/07/2019. (in Russian)
3. Kalinin A.G. Well curvature. Moscow. Nedra, 1974. - 304 p. (in Russian)
4. Ishbaev G.G., Baluta A.G., Mykalkin V.V., Shchevelev A.A., Guryaev I.S. "Technical solutions of NPP "BURINTEKH" to increase the mobility of the drill string during directional drilling". The article was published in the journal "Drilling and Oil" No. 4 April 2025. DOI: 10.62994/2072-4799.2025.28.33.001. (in Russian)
5. Sowers S.F., Dupriest F.E., Bailey J.R., Wang L. "Roller Reamers Improve Drilling Performance in Wells Limited by Bit and DHA Vibrations". SPE-119375. SPE/EIDC Drilling Conference and Exhibition held in Amsterdam. The Netherlands, 17-19 March 2009. (in English)
6. Stroul D., Bird N., Norton P., Kennedy M., Greener M. "Roller Reamer Fulcrum in Point-The-Bit Rotary Steerable System Reduces Stick-Slip and Backward Whirl." SPE-151603. SPE/EIDC Drilling Conference and Exhibition held in San Diego, California, USA, 6-8 March 2012. (in English)
7. Galaby A., Cardenas M., Cengiz O., Ibragim S., Krikor A., Sebanne S., Fedorov A. "Break-through in Drilling Performance Using Advanced Dynamic Modeling." SPE-196533. SPE/EIDC Drilling Conference and Exhibition held in Bali, Indonesia, 29-31 October 2019. (in English)
8. Breton M., Mayol J., Gerlero M., Rojars O., Leon G., Tocantins J.P. Mitigating Vibration with RR Technology Improves Drilling Efficiency in Hard/Abrasive Formation. SPE-169249. SPE/EIDC Drilling Conference and Exhibition held in Maracaibo, Venezuela, 21-23 May 2014. (in English)

Сведения об авторах

Щевелёв Андрей Александрович, преподаватель, кафедра Бурения нефтяных и газовых скважин, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» Россия, 450064, Уфа, ул. Кольцевая, 9, корпус №4
E-mail: Shchevelev-a@mail.ru

Ишбаев Гниятулла Гарифуллович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Бурения нефтяных и газовых скважин, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Россия, 450064, Уфа, ул. Кольцевая, 9, корпус №4

E-mail: bit@burinteh.com

Валямов Карим Рамилевич, к.т.н., доцент кафедры Бурения нефтяных и газовых скважин, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Россия, 450064, Уфа, ул. Кольцевая, 9, корпус №4

E-mail: karimvaliam@yandex.ru

Ковалевский Евгений Александрович, к.т.н., доцент кафедры Бурения нефтяных и газовых скважин, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Россия, 450064, Уфа, ул. Кольцевая, 9, корпус №4

E-mail: evgenii.kovalevskii@yandex.ru

Autors

A.A. Shchevelev, teacher of the department of oil and gas well drilling, Ufa State Petroleum Technical University

4 Building, 9, Koltsovaya Str., Ufa, 450064, Russian Federation

E-mail: Shchevelev-a@mail.ru

G.G. Ishbaev, Dr.Sc., professor, head of the department of oil and gas well drilling, Ufa State Petroleum Technical University

4 Building, 9, Koltsovaya Str., Ufa, 450064, Russian Federation

E-mail: bit@burinteh.com

K.R. Valyamov, Ph.D., associate professor of the department of oil and gas well drilling, Ufa State Petroleum Technical University

4 Building, 9, Koltsovaya Str., Ufa, 450064, Russian Federation

E-mail: karimvaliam@yandex.ru

E.A. Kovalevsky, Ph.D., associate professor of the department of oil and gas well drilling, Ufa State Petroleum Technical University

4 Building, 9, Koltsovaya Str., Ufa, 450064, Russian Federation

E-mail: evgenii.kovalevskii@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 06.05.2025

Принята к публикации 16.09.2025

Опубликована 30.09.2025