

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ
БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН**

Журавлев Геннадий Иванович, кандидат технических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1

Егорова Елена Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: egorova_ev@list.ru

Выборнова Татьяна Сергеевна, ассистент, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: tavyb@bk.ru

Курячий Александр Евгеньевич, инженер по бурению группы телеметрического сопровождения, Пермский филиал ООО «Буровая компания Евразия», 618703, Российская Федерация, Пермский край, г. Добрянка, пгт. Полазна, ул. Нефтяников, 34, e-mail: kuryachiyae@edcgroup.com

Петросян Арам Феликсович, инженер по бурению группы телеметрического сопровождения, Пермский филиал ООО «Буровая компания Евразия», 618703, Российская Федерация, Пермский край, г. Добрянка, пгт. Полазна, ул. Нефтяников, 34, e-mail: aram_95@mai.ru

Постоянное обострение мирового энергетического кризиса является следствием повсеместного истощения месторождений углеводородного сырья и снижением количества новых найденных залежей нефти и газа. В связи с этим нефтегазодобывающие компании стремятся сохранить баланс между максимальной добычей углеводородного сырья и минимальными экономическими затратами для реализации данных проектов. Одним из основных критериев является снижение сроков строительства скважин, а также минимизация количества аварий и осложнений при их строительстве. Данные условия можно соблюсти только по средствам использования новейших технологий и оборудования в области бурения и строительства скважин. Примером внедрения нового оборудования может служить использование в процессе бурения скважин гидравлического осциллятора. Использование гидравлического осциллятора в процессе бурения позволяет сократить сроки проходки, минимизировать число инцидентов, связанных с прихватом бурильной колонны и с долотами в наклонно-направленных и горизонтальных стволах скважин.

Ключевые слова: гидравлический осциллятор, коэффициент трения бурильной колонны, наклонно-направленное бурение, горизонтальные скважины, скорости проходки, строительство скважин, дифференциальный прихват, бурильная колонна, азимутальные повороты, отклонитель винтового забойного двигателя

**MODERN TECHNOLOGICAL FACILITIES FOR REDUCING FUEL
CROSS FRICTION COEFFICIENT IN CONSTRUCTION
OF TILT-DIRECTION AND HORIZONTAL WELLS**

Zhuravlev Gennadiy I., C.Sc. in Engineering, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation

Yegorova Yelena V., C.Sc. in Engineering, Associate Professor, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: egorova_ev@list.ru

Vybornova Tatyana S., assistant, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: tavyb@bk.ru

Kuryachiy Aleksandr Ye., drilling engineer of the telemetric support group, Perm Branch of Ltd. "Drilling Company Eurasia", 34 Neftyaniki st., Polazna vil., Dobryanka, Perm region, 618703, Russian Federation, e-mail: kuryachiyAE@edcgroup.com

Petrosyan Aram F., drilling engineer of the telemetric support group, Perm Branch of Ltd. "Drilling Company Eurasia", 34 Neftyaniki st., Polazna vil., Dobryanka, Perm region, 618703, Russian Federation, e-mail: aram_95@mai.ru

Amount of hydrocarbons consumed by the world's public is constantly growing, which is why oil and gas producing companies need to be supported, and in some cases, try to increase the level of extraction of raw materials to maintain their place in the market. To reduce the commercial cost of well construction, oil companies are interested in reducing the construction time of the well by increasing the mechanical rate of penetration and reducing production incidents. This problem will be solved by modern technologies related to the reduction of the coefficient of friction of the drill string on the borehole wall, such as the "Hydraulic Oscillator System". Its application will increase the speed of penetration; reduce the number of incidents associated with sticking a drill string and with chisels in directional and horizontal wellbores.

Keywords: hydraulic oscillator, drill string friction coefficient, directional drilling, horizontal wells, penetration rates, well construction, differential tack, drill string, azimuth rotations, deflector of screw downhole motor

В условиях наклонно-направленного и горизонтального бурения буровые компании часто сталкиваются с проблемой невозможности обеспечения достаточной и в то же время плавной нагрузки на долото. В результате этого происходят подвисания и срывы инструмента. Одной из основных причин появления подобных факторов является увеличение сил трения буровой колонны о стенки скважины с увеличением зенитного угла [1, 9].

Во время проходки скважины в режиме слайдирования на двигателе с углом перекоса буровая колонна периодически остается без вращения. При этом, для того чтобы установить долото на забой и обеспечить необходимую нагрузку, нужно преодолеть силы трения покоя, что часто вызывает подвисания и срывы компоновки, удары долота об забой, смещение положения отклонителя на внутризабойный двигатель (ВЗД) [3]. Эффективность бурения значительно снижается, увеличиваются затраты времени на ориентирование. Появляется необходимость в дополнительных проработках ствола скважины, проведении незапланированных спускоподъемных операций. Осциллятор создает малоамплитудные колебания на компоновке буровой колонны, за счет этого силы трения становятся минимальными. В последствии передача нагрузки улучшается, а крутящие напряжения в колонне снижаются, особенно при наклонно-направленном бурении. По мере усложнения проектных заданий и увеличения отклонений от вертикали, растет необходимость в простых решениях, позволяющих расширить возможности применения стандартных управляемых компоновок. Одним из таких решений и является осциллятор [4, 10].

Плавная подача нагрузки на долото в сочетании с упрощенным управлением компоновкой при включении в нее осциллятора достигается за счет ис-

пользовании долот PDC, даже при резких азимутальных поворотах в истощенных пластах. Становится возможным достижение больших отклонений от вертикальной прямой со снижением потребности расхаживания, шаблонировки ствола и «подрывов» компоновки в целях доведения нагрузки на забой. Как следствие – повышение скорости проходки [4]. Осциллятор может быть совмещен с любыми телесистемами, тем самым обеспечив возможность бурения удаленных интервалов с сопутствующим ростом скорости проходки скважины и сведением к минимуму количества инцидентов.

Принцип работы гидравлического осциллятора заключается в следующем. Насосными агрегатами закачивается промывочная жидкость. Далее промывочная жидкость поступает к скважинному осциллятору через колонну бурильных труб. Жидкость подается к клапанному узлу через проходной канал. Вследствие попадания промывочной жидкости на клапан он начинает колебаться, тем самым частично перекрывая проходной канал. Результатом является осцилляция низкочастотных колебаний промывочной жидкости, достигающих забоя скважины и снижающих коэффициент трения бурильной колонны о стенки скважины [5, 7].

В работе системы осциллятор используются три основных узла: силовая секция; клапанно-подшипниковая секция; секция инициирования колебаний (генератор импульса) (рис. 1).



Силовая секция представляет собой укороченную силовую пару ВЗД заходностью 1:2. Силовая секция заставляет клапанную пару создавать пульсацию давления жидкости. Это, в свою очередь, активизирует генератор импульса, создающий осевые колебания бурильной колонны. Таким образом, обеспечивается снижение сил трения [5, 12]. Клапанная секция оригинальной

конструкции является наиболее важным узлом инструмента; она преобразует энергию протекающей жидкости в пульсацию давления. Этот эффект достигается путем создания циклического ограничения проходного сечения при помощи клапанной пары.

Сам по себе осциллятор создает только пульсацию давления жидкости. Для трансформации пульса в механические колебания при работе с муфтовым инструментом применяется генератор импульса, который монтируется в компоновку выше осциллятора, как показано на рисунке 1. Генератор импульса состоит из герметизированного сердечника, подпружиненного вдоль продольной оси [8, 11]. Рост гидростатического давления внутри корпуса, воздействующего на уплотнительные поверхности, приводит к удлинению генератора импульса. Сброс давления приводит к возврату сердечника в исходное положение под действием стопки пружин. При использовании в конфигурации непосредственно над осциллятором генератор импульса испытывает циклические сокращения и удлинения, генерируя продольно-поступательные колебания [4].

При строительстве протяженных наклонно-направленных и горизонтальных стволов скважин эффективность применения стандартных управляемых компоновок значительно снижается. Это связано с тем, что при бурении в режиме слайдирования возникают трудности с преодолением силы трения и доведения необходимой и плавной нагрузки на долото. В результате этого происходят подвисания и срывы инструмента [3, 10]. Для решения данной проблемы возможны два способа.

1 способ – снизить коэффициент трения между стенкой скважины и буровой колонной. Но, зачастую, добавление смазочных компонентов в промысловую жидкость не решают полностью данную проблему [13]. Для этого используем механические методы снижения коэффициента трения, а именно – гидравлический осциллятор.

2 способ – исключение из бурения режима слайдирования. Этот способ может быть достигнут с использованием «Роторной управляемой системы». Но применение роторно-управляемой системы (РУС) значительно увеличивает стоимость строительства скважины и себестоимость добываемой нефти. Отбор технологии строительства скважины по главному критерию как соотношение цена и качество РУСы не проходят.

Рассмотрим эффективность применения гидравлического осциллятора на скважине № 102 Ростовицкого нефтяного месторождения. Проектная длина ствола скважины составляет 4620 м, проложение наклонно-направленной части – 3224 м, максимальный зенитный угол – 75.75°. Предлагается использовать систему осциллятор в интервале бурения под эксплуатационную колонну 1415–4620 м. Зенитный угол в начале интервала составляет 45°. Как показала практика, проблемы с доведением нагрузки встречаются при бурении части ствола с зенитным углом 45° и выше. Система осциллятор может быть размещена в любой точке компоновки или бурильной колонны, там, где применение действия инструмента наиболее эффективно. По результатам расчетов было выявлено, что размещение осциллятора максимально рентабельно в 100 м от долота.

Продолжительность интервала бурения под эксплуатационную колонну согласно проекту работ составляет 82,5 сут. При использовании скважинного осциллятора для бурения данного интервала ожидаемое увеличение механической скорости проходки составит в среднем на 20 %, т.е. 66 сут.

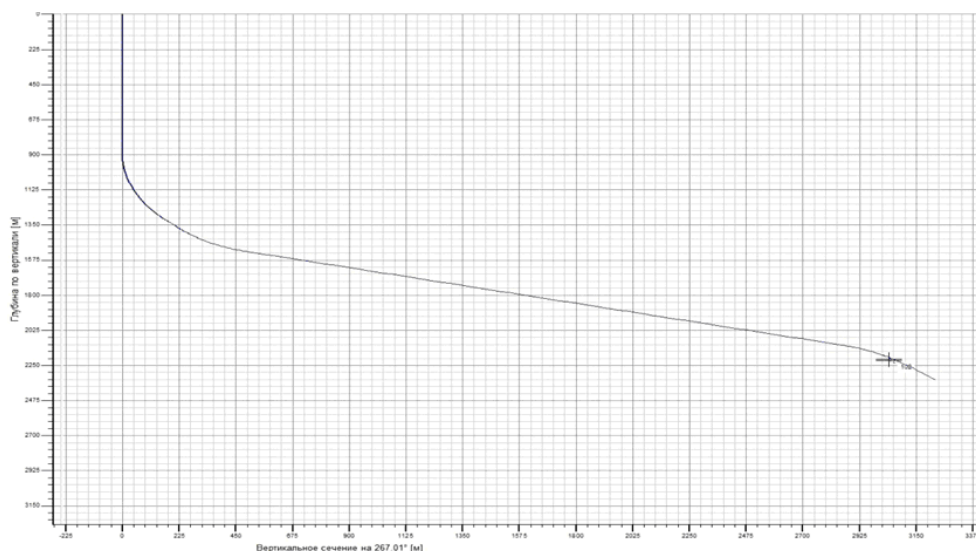


Рис. 2. Вертикальная проекция скв. № 102 Ростовицкого месторождения

Таким образом, очевидна экономическая эффективность при бурении стандартной управляемой компоновкой с включением в нее системы осциллятора. Использование скважинного гидравлического осциллятора позволяет значительно улучшить качество проводки скважин, увеличить механическую скорость проходки, предотвратить инциденты связанные с дифференциальным прихватом, со сломом долота и многое другое, что в конечном счете приведет к снижению коммерческой стоимости строительства скважины.

Список литературы

1. Джалмуханова Р. И. Применение современных технологических средств, для снижения коэффициента трения бурильной колонны при строительстве наклонно-направленных и горизонтальных стволов скважин в ООО «ЛУКОЙЛ-НИЖНЕВОЛЖСКНЕФТЬ» / Р. И. Джалмуханова, А. Е. Курячий // Новейшие технологии освоения месторождений углеводородного сырья и обеспечение безопасности экосистем Каспийского шельфа : материалы VII Международной научно-практической конференции. – Астрахань : Астраханский государственный технический университет, 2016. – С. 40–44.
2. Егорова Е. В. Оптимизация разработки шельфовых месторождений многоствольными скважинами / Е. В. Егорова, И. В. Языков // Геология, география и глобальная энергия. – 2014. – № 3 (54). – С. 210–213.
3. Любимова С. В. Повышение эффективности бурения наклонно-направленных скважин с горизонтальными участками путём снижения прихватоопасности : автореф. дис. ... канд. техн. наук / С. В. Любимова. – Уфа : Геофизика, 2012.
4. Любимова С. В. Техничко-технологическое решение для снижения коэффициента трения бурильной колонны о стенки скважины при бурении скважин с горизонтальным участком / С. В. Любимова, Л. Б. Хузина // Нефтегазовое дело. – 2012. – № 2. – С. 194–203.
5. Хузина Л. Б. Механизмы для снижения сил трения при бурении горизонтальных участков скважин / Л. Б. Хузина, С. В. Любимова // Сборник трудов Международной научно-технической конференции посвященной 60-летию филиала. – 2016. – С. 530–535.
6. Хузина Л. Б. О результатах экспериментальных и теоретических исследований компоновки со скважинным осциллятором / Л. Б. Хузина, А. Ф. Шайхутдинова // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. – 2016. – Т. XV. – С. 14–19.
7. Хузина Л. Б. Основные направления снижения сил трения при бурении горизонтальных участков наклонно-направленных скважин / Л. Б. Хузина, С. В. Любимова // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: Горно-геологическая. – 2016. – № 1 (24). – С. 46–51.

8. Хузина Л. Б. Особенности снижения прихватаопасности бурильной колонны / Л. Б. Хузина, С. В. Любимова // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. – 2013. – Т. 11, № 1. – С. 58–63.

9. Хузина Л. Б. Применение новых элементов в КНБК при бурении наклонно-направленных скважин / Л. Б. Хузина, А. Ф. Шайхутдинова // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. – 2013. – Т. 1, № 1. – С. 69–72.

10. Хузина Л. Б. Промысловые испытания компоновки низа бурильной колонны с усиленной динамической нагрузкой на долото / Л. Б. Хузина, Р. Х. Фаткуллин, А. Ф. Шайхутдинова, Ш. Х. Фахрутдинов, А. В. Еромасов // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 12. – С. 20–25.

11. Хузина Л. Б. Снижение трения при бурении / Л. Б. Хузина, С. В. Любимова, А. Ф. Сливченко // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2016. – № 3. – С. 38–41.

12. Хузина Л. Б. Техника для снижения сил трения при бурении горизонтальных участков скважин / Л. Б. Хузина, С. В. Любимова, А. Ф. Шайхутдинова // Нефтепромысловое дело. – 2016. – № 9. – С. 38–42.

13. Шайхутдинова А. Ф. Результаты промысловых испытаний компоновки низа бурильной колонны с долотом PDC / А. Ф. Шайхутдинова, Л. Б. Хузина // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 79–83.

References

1. Dzhalmukhanova R. I., Kuryachiy A. Ye. Primenenie sovremennykh tekhnologicheskikh sredstv, dlya snizheniya koeffitsienta treniya burilnoy kolonny pri stroitelstve naklonno-napravlennykh i gorizontalnykh stvolov skvazhin v OOO «LUKOYL-NIZhNYeVOLZhSKNYeFT» [The use of modern technological means to reduce the coefficient of friction of the drill string in the construction of directional and horizontal wellbores in OOO LUKOIL-NIZHNEVOLZHSKNEFT]. *Noveyshie tekhnologii osvoeniya mestorozhdeniy uglevodorodnogo syr'ya i obespechenie bezopasnosti ekosistem Kaspiyskogo shelfa : materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The Latest Technologies of Developing Hydrocarbon Deposits and Ensuring the Safety of the Ecosystems of the Caspian Shelf. Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference], Astrakhan, Astrakhan State Technical University Publ. House, 2016, pp. 40–44.

2. Yegorova Ye. V., Yazykov I. V. Optimizatsiya razrabotki shelfovykh mestorozhdeniy mnogostvolnymi skvazhinami [Optimization of development of offshore deposits by multi-barrel wells]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2014, no. 3 (54), pp. 210–213.

3. Lyubimova S. V. Povyshenie effektivnosti bureniya naklonno-napravlennykh skvazhin s gorizontalnymi uchastkami putem snizheniya prikhvatoopasnosti [Increase the efficiency of drilling directional wells with horizontal sections by reducing the sticking hazard], Ufa, Geophysics Publ., 2012.

4. Lyubimova S. V., Khuzina L. B. Tekhniko-tekhnologicheskoe reshenie dlya snizheniya koeffitsienta treniya burilnoy kolonny o stenki skvazhiny pri burenii skvazhin s gorizontalnym uchastkom [Technological and technological solution for reducing the coefficient of friction of the drill string on the borehole wall when drilling wells with a horizontal section]. *Neftegazovoe delo* [Oil and Gas Business], 2012, no. 2, pp. 194–203.

5. Khuzina L. B., Lyubimova S. V. Mekhanizmy dlya snizheniya sil treniya pri burenii gorizontalnykh uchastkov skvazhin [Mechanisms for reducing frictional forces when drilling horizontal wells]. *Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii posvyashchennoy 60-letiyu filiala* [Proceedings of the International scientific and technical conference devoted to the 60th anniversary of the branch], 2016, pp. 530–535.

6. Khuzina L. B., Shaykhutdinova A. F. O rezultatakh eksperimentalnykh i teoreticheskikh issledovaniy komponovki so skvazhinnym ostsillyatorom [On the results of experimental and theoretical studies of the layout with a downhole oscillator]. *Uchenye zapiski Almetevskogo gosudarstvennogo nefryanogo instituta* [Scientific Notes of Almetevsk State Petroleum Institute], 2016, vol. 5, pp. 14–19.

7. Khuzina L. B., Lyubimova S. V. Osnovnye napravleniya snizheniya sil treniya pri burenii gorizontalnykh uchastkov naklonno-napravlennykh skvazhin [The main directions of reducing frictional forces when drilling horizontal sections of directional wells]. *Nauchnye trudy Donetskogo natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Gorno-geologicheskaya* [Proceedings of the Donetsk National Technical University. Series: Mining and Geological], 2016, no. 1 (24), pp. 46–51.

8. Khuzina L. B., Lyubimova S. V. Osobennosti snizheniya prikhvatoopasnosti burilnoy kolonny [Features of reducing the sticking of the drill string]. *Uchenye zapiski Almetevskogo gosudarstvennogo nefryanogo instituta* [Scientific Notes of Almetevsk State Petroleum Institute], 2013, vol. 11, no. 1, pp. 58–63.

9. Khuzina L. B., Shaykhutdinova A. F. Primenenie novykh elementov v KNBK pri burenii naklonno-napravlennykh skvazhin [The use of new elements in knobs when drilling directional wells]. *Materialy nauchnoy sessii uchenykh Almetevskogo gosudarstvennogo neftyanogo instituta* [Proceedings of the Scientific Session of Scientists of Almetevsk State Petroleum Institute], 2013, vol. 1, no. 1, pp. 69–72.

10. Khuzina L. B., Fatkullin R. Kh., Shaykhutdinova A. F., Fakhrutdinov Sh. Kh., Eromasov A. V. Promyslovye ispytaniya komponovki niza burilnoy kolonny s usilennoy dinamicheskoy nagruzkoy na doloto [Commercial trials of the layout of the bottom of the drill string with enhanced dynamic load on the bit]. *Territoriya Neftegaz* [Territory of Neftegaz], 2016, no. 12, pp. 20–25.

11. Khuzina L. B., Lyubimova S. V., Slivchenko A. F. *Snizhenie treniya pri burenii* [Reduced friction during drilling]. *Delovoy zhurnal Neftegaz.RU* [Business Journal Neftegaz.RU], 2016, no. 3, pp. 38–41.

12. Khuzina L. B., Lyubimova S. V., Shaykhutdinova A. F. Tekhnika dlya snizheniya sil treniya pri burenii gorizontalnykh uchastkov skvazhin [Technique for reducing frictional forces when drilling horizontal wells]. *Neftepromyslovoe delo* [Oilfield Business], 2016, no. 9, pp. 38–42.

13. Shaykhutdinova A. F., Khuzina L. B. Rezultaty promyslovykh ispytaniy komponovki niza burilnoy kolonny s dolotom PDC [The results of field trials of the assembly of the bottom of a drill string with a PDC bit]. *Materialy nauchnoy sessii uchenykh Almetevskogo gosudarstvennogo neftyanogo instituta* [Proceedings of the Scientific Session of Scientists of Almetevsk State Petroleum Institute], 2015, vol. 1, no. 1, pp. 79–83.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ БЕШКУЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Ермолина Александра Викторовна, аспирант, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: aleksandra_sh@list.ru

Соловьева Алевтина Васильевна, старший преподаватель, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: aleksandra_sh@list.ru

Месторождения полезных ископаемых, особенно крупные и сложные, детально разведываются перед началом их эксплуатации лишь частично, обычно на тех участках, которые более доступны и выгодны для отработки в первую очередь. Поэтому в большинстве случаев одновременно с эксплуатацией месторождения проводится его доразведка, которую выполняет или геологическая служба горного предприятия («промразведка»), или специальная геологоразведочная партия по договору с эксплуатационным предприятием. Доразведка месторождения заключается в постепенном, все более детальном, исследовании слабо изученных частей месторождения, на котором уже ведется отработка. Процесс доразведки участков и последующей эксплуатационной их разведки отражает реализацию принципов разведки месторождений полезных ископаемых. В итоге разведки месторождения, предшествующей эксплуатации, доразведки его в период отработки и последующей эксплуатационной разведки достигается предельно возможная полнота изучения месторождения. В период отработки залежей полезных ископаемых каждая из них исследуется исключительно равномерно. Таким образом, все месторождение оказывается изученным весьма равномерно в соответствии с его природными особенностями. Таким образом, роль доразведки в процессе освоения месторождения сложно переоценить.

Ключевые слова: Бешкульское месторождение, доразведка, ресурсная база, эксплуатационная залежь, бурение