

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2023.2.227-241>

EDN THLONQ

УДК 622.24.085.2

Разработка техники и технологии для извлечения клиньев-отклонителей из скважины

Насыров А.Л., Мухаметшин А.А.

Институт «ТатНИПИнефть», Бугульма, Россия

Development of equipment and technology for deflection wedge retrieval from wellbore

A.L. Nasyrov, A.A. Mukhametshin

TatNIPIneft Institute, Bugulma, Russia

E-mail: nal@tatnipi.ru

Аннотация. Одной из важнейших технологических операций при строительстве многозабойных и многоствольных скважин является извлечение клина-отклонителя из скважины по окончании бурения бокового ствола (БС) для открытия прохода в основной ствол для продолжения строительства последующих БС или его эксплуатации. Для захвата и извлечения клина-отклонителя из скважины применяют различные устройства: колокола, овершоты, ловильные крюки (съёмники). Зарубежные и отечественные сервисные компании, осуществляющие изготовление и применение извлекаемых клиньев-отклонителей, разрабатывают свои конструкции съёмников, которые применяются в основном в скважинах с обсадной колонной диаметром 245 мм и больше. С целью усовершенствования этой технологической операции в ТатНИПИнефти предложены, разработаны и внедрены в производство съёмники, позволяющие сигнализировать бурильщику о захвате клина-отклонителя, надёжно фиксировать и прижимать голову клина к стволу съёмника и в безопасном режиме производить его извлечение из скважины. Приведены конкретные примеры применения съёмников в скважинах.

Ключевые слова: съёмник, ловильный крюк, ловильный колокол, извлекаемый клин-отклонитель, выборка, якорь, буровой шлам, металлические опилки, многозабойная скважина, многоствольная скважина, боковой ствол

Для цитирования: Насыров А.Л., Мухаметшин А.А. Разработка техники и технологии для извлечения клиньев-отклонителей из скважины // Нефтяная провинция.-2023.-№2(34).-С. 227-241. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.2.227-241>. - EDN THLONQ

Abstract. One of the most important process operations during construction of multi-lateral and multihole wells is retrieval of deflection wedge from the wellbore once sidetracking operations have been terminated to provide access to the main bore to continue construction of new lateral holes or allow for the passage of produced fluids through the existing one. Various devices are used for wedge gripping and retrieval. These are bell sockets, overshot tools, fishing hooks (remover tools). Foreign and Russian service companies engaged in manufacturing and application of retrievable deflection wedges develop proprietary remover designs that are mainly used in wells with casing diameter of 245 mm and larger. To improve wedge retrieval process TatNIPIneft Institute has proposed, developed and launched commercial production of wedge remover tools that enable sending a gripping signal to a drilling operator, reliably attach and press the wedge head against the remover body and safely pull the wedge out of the hole. Case studies of wedge remover applications are provided.

Key words: *remover tool, fishing hook, bell socket, retrievable deflection wedge, selection, anchor, drilled cuttings, swarf, multilateral well, multihole well, sidetrack*

For citation: A.L. Nasyrov, A.A. Mukhametshin Razrabotka tekhniki i tekhnologii dlya izvlecheniya klin'yev-otkloniteley iz skvazhiny [Development of equipment and technology for deflection wedge retrieval from wellbore] Neftyanaya Provintsiya, No. 2(34), 2023. pp. 227-241. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.2.227-241>. EDN THLONQ (in Russian)

С развитием техники и технологии строительства многозабойных (МЗС) и многоствольных (МСС) скважин с применением клиньев-отклонителей возникла необходимость извлечения их из скважины с целью освобождения основного ствола для продолжения работ по зарезке и бурению последующих боковых (БС) и боковых горизонтальных (БГС) стволов, а в конце строительства МЗС или МСС возвращения основного ствола в эксплуатацию. Первоначально из-за отсутствия специальных инструментов применяли аварийные инструменты (ловильный колокол или овершот), предназначенные для извлечения из скважины предметов с цилиндрической поверхностью: сломанных труб, турбобуров, насосов, пакеров, фильтров и других посторонних предметов, оставшихся в скважине в результате аварии или упавших в неё с устья [1].

Основные недостатки ловильного колокола и технологии его применения связаны с тем, что его наружный диаметр имеет определенную неизменную величину для прохождения в основной ствол скважины. Диаметр

корпуса клина-отклонителя закладывается максимально возможного размера для создания желоба, в котором будет двигаться компоновка фрез при вырезании окна. Совмещение внутреннего диаметра колокола и диаметра клина оказалась несовместимой задачей. При уменьшении толщины стенки колокола с целью увеличения его внутреннего диаметра возникают сложности с получением надежного соединения вследствие того, что прочность и грузоподъемность корпуса ловильного колокола связана с толщиной его стенок. Другим отрицательным фактором применения колокола является сложность его отсоединения от клина-отклонителя, в случае если последний не удастся извлечь из скважины.

Применение овершота ограничено его грузоподъемностью, поэтому для извлечения закрепленных клиньев-отклонителей из скважины он не используется.

Практический опыт по применению ловильного колокола для извлечения клина-отклонителя в процессе строительства МСС 16070Г Шегурчинского месторождения ПАО «Татнефть» подтвердил, что его использование не гарантирует захват, соединение и извлечение клина-отклонителя из скважины [2]. После очистки выборки клина от загрязнений буровым шламом с использованием гидрловушки со шламоуловителем извлечение клина-отклонителя из скважины произведено с помощью специального устройства – съёмника, разработанного в ТатНИПИнефти [3].

Анализ открытых источников показал, что известно несколько устройств для извлечения клина-отклонителя из скважины, разработанных различными сервисными компаниями, включающих основной ствол с ловильным крюком и верхнее соединение с колонной труб. Однако все они имеют одинаковые недостатки, которые снижают их технологическую применимость. Рассмотрим практический опыт применения этих устройств в скважинных условиях.

Опытно-промышленные работы (ОПР) по применению съёмника компании Smith Services, ловильный крюк которого выполнен с бородкой, имеющей в продольном и поперечном сечении вид трапеции с широким основанием, направленным в сторону выборки в желобе клина (Рис. 1), проведенные в ПАО «Башнефть», показали, что попытки захватить клин-отклонитель и извлечь его из скважины в 7 случаях из 10 потерпели неудачу.



а) выборка в желобе клина



б) бородка ловильного крюка

Рис. 1. Вид съёмника и выборки в желобе клина компании Smith Services

По конструктивному исполнению ловильный крюк Quickcut™ компании Weatherford – самый массивный съёмник из всех известных устройств зарубежных сервисных компаний (Рис. 2). Однако, несмотря на его внушительные размеры, осевая нагрузка на съёмник ограничена и составляет 90,72 кН, что недостаточно для извлечения клина-отклонителя из скважин со сложным профилем ствола или страгивания его с места установки в случае попадания металла в якорь. Кроме этого, имеются определенные сложности при изготовлении ловильного крюка, связанные с тем, что нижняя часть ствола с бородкой изготавливается ковкой из заготовки большого диаметра и длины, имеющей значительный вес, с образованием большого количества отходов, что увеличивает стоимость устройства.



а) вид ловильного крюка



б) вид выборки в теле клина

Рис. 2. Устройство для извлечения клина-отклонителя из скважины компании Weatherford

Применение съёмника компании Weatherford при сравнительных испытаниях техники и технологии для строительства МЗС и МСС в условиях ПАО «Татнефть» в скв. 4063бс Зай-Каратайской площади НГДУ «Лениногорскнефть» в 2013 г. показало, что для захвата клина-отклонителя необходимо точное ориентирование крюка съёмника по глубине и по азимуту относительно выборки в желобе клина с привлечением партии геофизических исследований скважины (ГИС), что увеличивает продолжительность и стоимость строительства МСС.

С целью повышения грузоподъёмности съёмника конструкторы компании Weatherford прикрепили к стволу ловильного крюка накладку с противоположной от крюка стороны при помощи электросварки и назвали его суперкрюком, что увеличило габаритный размер устройства, ограничило его функциональные возможности до применения только в скважинах с обсадной колонной диаметром более 178 мм.

Для строительства новых МЗС и МСС, а также при восстановлении скважин методом забуривания БС и БГС на месторождениях Западной Сибири применялось оборудование компании Baker Hughes. Ловильный крюк этого устройства для извлечения клина-отклонителя выполнен в виде многогранной призмы с бородкой, которая в поперечном сечении имеет форму трапеции и широким основанием направлена в выборку клина-отклонителя, выполненную в виде сквозной прорези в его теле со стороны жёлоба, осуществляя тем самым захват клина-отклонителя и извлечение его из скважины (Рис. 3).



Рис. 3. Вид выборки в желобе клина и ловильного крюка компании Baker Hughes

Отечественные сервисные компании ООО «БИТТЕХНИКА», ООО НПП «БУРИНТЕХ» изготавливают и применяют ловильные крюки, аналогичные зарубежным, выполняя в теле клина-отклонителя ответные выборки для бородки ловильного крюка, и имеют те же недостатки:

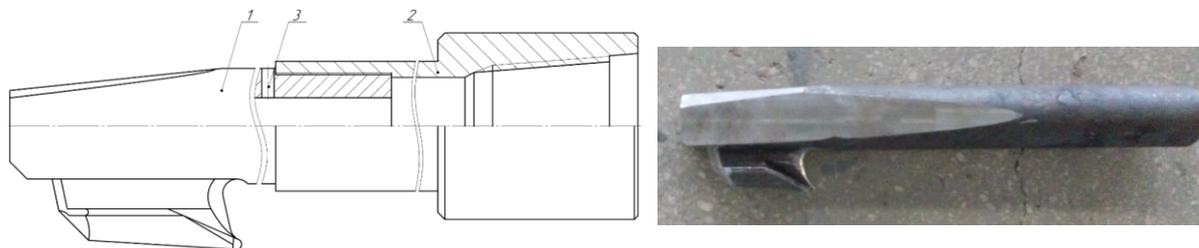
- сложность соединения устройств с клином-отклонителем, т.к. форма бородки в виде трапеции с широким основанием препятствует её вхождению в выборку и захвату клина-отклонителя, что требует привлечения геофизической партии для точного ориентирования ловильного крюка относительно выборки в желобе клина-отклонителя как по глубине, так и по азимуту при помощи геофизических приборов;

- низкая надежность и функциональность работы устройств из-за отсутствия приспособлений для очистки выборки в теле клина от утрамбованного бурового шлама и металлических опилок, фиксации клина-отклонителя с ловильным крюком и прижатия клина-отклонителя к стволу устройства, а также механизма, позволяющего создать усилие для принудительного ввода бородки ловильного крюка в выборку клина-отклонителя;

- сложность отсоединения съёмника от клина-отклонителя в случае возникновения аварийной ситуации, связанной с невозможностью извлечения клина-отклонителя из скважины по каким-либо причинам.

С целью усовершенствования технологической операции по извлечению клина-отклонителя из скважины и повышения эффективности строительства МЗС и МСС в ТатНИПИнефти предложили и разработали усовершенствованный съёмник (Рис. 4) [3, 4], что позволило расширить его технологические и функциональные возможности при захвате и извлечении клина-отклонителя из скважины. Конструкция крюка съёмника позволила облегчить его попадание в выборку клина за счет её очистки струёй жидкости и виброударами крюка по утрамбованному шламу, повысить точность ориентирования крюка по выборке клина-отклонителя и сигнализации на поверхность о его захвате, что исключило операцию по ориентированию

крюка с привлечением партии ГИС, повысило надежность удерживания клина-отклонителя в прижатом зафиксированном положении к стволу устройства в процессе извлечения из скважины, исключив аварийные ситуации с его оставлением в скважине.



1) крюк; 2) переводник; 3) отверстие

Рис. 4. Конструкция и вид устройства для извлечения клина-отклонителя

Технология извлечения клина-отклонителя из скважины при помощи съемника включает следующие основные операции:

- подготовка бокового ствола скважины к спуску хвостовика;
- сборка и визированный спуск съемника до глубины установки клина-отклонителя;
- фиксация транспортного показателя веса инструмента по показаниям индикатора веса буровой установки;
- создание циркуляции промывочной жидкости буровым насосом и плавный подъем инструмента. При попадании крюка съемника в выборку клина-отклонителя произойдет повышение веса колонны труб, а при спуске инструмента через определенное расстояние, длина выборки в теле клина – его снижение;
- срез штифтов камеры разряжения клина-отклонителя натяжением колонны труб величиной 250 кН, что фиксируется резким снижением веса инструмента;
- остановка циркуляции промывочной жидкости и подъем клина-отклонителя из скважины.

Перед практическим применением на скважине проведены стендовые испытания модели извлекаемого клина-отклонителя и съёмника, изготовленные в натуральную величину и соединенные с горизонтальным прессом, имитирующим закрепление клина-отклонителя в скважине (Рис. 5).



Рис. 5. Модели клина-отклонителя и съёмника, установленные на горизонтальном прессе

Результаты проведенных испытаний показали, что съёмник гарантированно захватывает клин, даже в случаях неточной ориентации крюка относительно выборки с погрешностью $\pm 15^\circ$, модели клина-отклонителя и съёмника выдерживают многократную ударную нагрузку 600 кН, которой достаточно для извлечения клина-отклонителя вместе с якорем из скважины в штатной ситуации с использованием яссов (при необходимости). Подтверждена правильность конструкции съёмника, позволяющая не только захватывать и фиксировать клин, но и отсоединяться от него в аварийной ситуации при определенной осевой нагрузке ($50 \pm 0,7$ кН), направленной вниз, что является сигналом захвата клина съёмником.

В 2017 г. при проведении ОПР по отработке технологии реконструкции существующей скважины с переводом её в разряд МСС в скв. 66446с Ново-Елховского месторождения ПАО «Татнефть» для вырезания окна в эксплуатационной колонне диаметром 146 мм применен извлекаемый клин-отклонитель ОИ-146 с якорем из профильной трубы (ПТ), соединенный с компоновкой фрез. Извлечение клина-отклонителя из скважины осуществили по окончании бурения БС разработанным съёмником (Рис. 4) [5]. Работы по строительству БС осуществляли в следующей последовательности.

На устье скважины собрали клин-отклонитель и спустили на бурильных трубах до проектной глубины установки (зенитный угол материнского ствола в этом интервале – $34,5^\circ$). После закрепления якоря клина-отклонителя давлением жидкости и отсоединения компоновки фрез от клина выполнили работы по вырезанию окна в стенке обсадной колонны и зарезки БС в интервале 988–991,5 м со средней скоростью 0,4 м/ч. Далее осуществили бурение БС до проектной глубины.

Для извлечения клина-отклонителя из скважины на бурильных трубах спустили съёмник, позволяющий струей воды очистить сквозную выборку в теле клина от бурового шлама, а также прижать съёмник к желобу клина реактивной силой струи жидкости, вытекающей из отверстия 3 (Рис. 4) [3]. Далее соединили бурильную колонну с ведущей трубой и в интервале верхней части клина (головы) 988 м запустили буровой насос. Вращением бурильной колонны вправо с одновременной подачей инструмента вниз-вверх и расходе промывочной жидкости 12 л/с в течение 0,2 ч на глубине 988,6 м зафиксировали повышение веса инструмента на 30 кН, сверх веса колонны труб. Однако при движении инструмента вниз снижения веса бурильной колонны, сигнализирующей об упоре крюка съёмника в нижнюю часть выборки клина-отклонителя, не отмечено (или она была незначительной). С целью накопления опыта по извлечению клина-отклонителя из скважины опробованы различные технологические мероприятия по соединению крюка съёмника с ответной выборкой клина в интервале 988–990,5 м. Только в этом интервале при неоднократном подъеме инструмента зафиксировано повышение величины осевой нагрузки выше транспортного показателя, причем на одной и той же глубине. Единожды все-таки удалось получить небольшую посадку инструмента величиной 5 кН на глубине 989,1 м. Убедившись, что захват клина-отклонителя съёмником произошел, остановили буровой насос и натяжением колонны бурильных труб величиной 230 кН выше собственного веса (140 кН) произвели срез штифтов

камеры разряжения. На работы по захвату клина съёмником в интервале 988–990,5 м затратили 6,5 ч.

Извлечённый из скважины клин-отклонитель ОИ-146 показал, что голова клина прижимается к стволу съёмника и при подъёме не препятствует свободному прохождению через муфтовые соединения обсадной колонны и плашки превентора на устье скважины (Рис. 6).



Рис. 6. Голова клина в прижатом зафиксированном положении к стволу съёмника в процессе извлечения из скважины

В результате проведенных ОПР по извлечению клиньев-отклонителей из скважины при помощи съёмника выявлено, что нижняя поверхность крюка, выполненная под определенным углом и являющаяся сигнализатором захвата клина за его выборку, работоспособна в скважинах с углами отклонения ствола от вертикали более 60° . Поэтому для скважин с зенитным углом менее 60° с целью повышения надежности устройства, сигнализирующего о захвате ловильным крюком клина-отклонителя, а не верхнего края окна обсадной колонны, изменен угол нижней поверхности крюка съёмника, как показано на рис. 7.



а) исполнение с наклонной поверхностью



б) исполнение с вертикальной поверхностью

Рис. 7. Нижняя поверхность крюка съемника с различным исполнением

Измененная конструкция съемника практически проверена при извлечении клина-отклонителя ОИ-168 (Рис. 8) из скв. 4881г Бавлинского месторождения ПАО «Татнефть», в которой проводились ОПР по реконструкции с переводом её в разряд МЗС методом забуривания БС с сохранением в работе материнского ствола.



Рис. 8. Извлекаемый клин-отклонитель ОИ-168 конструкции ТатНИПИнефть

Работы по фрезерованию окна в эксплуатационной колонне диаметром 168x7,3 мм в запланированном интервале 1175–1178 м и дальнейшему углублению в породу до глубины 1179,6 м проведены в соответствии с программой бурения. Зенитный угол ствола скважины в этом интервале составил 13°. В процессе бурения БС, проработок и смены компоновок инцидентов с прохождением инструмента в окно не возникало.

Перед извлечением клина-отклонителя БС скважины прошаблонировали и проработали в местах посадок противозарезным долотом диаметром 142,9 мм. После чего выполнен рейс с использованием гидроловушки со шламоуловителем для очистки выборки клина-отклонителя под крюк

съемника. Осмотр гидроловушки после подъема из скважины посторонних предметов и шлама не выявил.

Далее выполнили сборку и визированный спуск компоновки со съёмником на бурильных трубах в скважину до головы клина-отклонителя.

Произвели геофизические исследования по определению местоположения муфтовых соединений реперного патрубка с обработкой материалов исследования и ориентированию съёмника при помощи гироскопа МИГ-42 по углу установки клина-отклонителя. Общее время с ожиданием партии ГИС составило 9,6 ч.

Соединили бурильную колонну с нагнетательной линией бурового насоса при помощи ведущей трубы и спустили инструмент до глубины расположения выборки клина-отклонителя. Зафиксировали транспортный вес инструмента при его движении вниз-вверх величиной 186 кН. Запустили буровой насос и в течение 0,67 ч произвели работы по соединению крюка съемника с ответной выборкой клина-отклонителя в интервале 1173–1177 м, проворачивая инструмент вокруг оси. На глубине 1175,6 м произошло снижение веса до 19 кН от транспортного, а при подъеме – повышение до 30 кН. Трижды проверили захват клина съёмником и натяжением инструмента произвели срез штифтов камеры разряжения при осевой нагрузке величиной 191 кН выше транспортного показателя (Рис. 9).

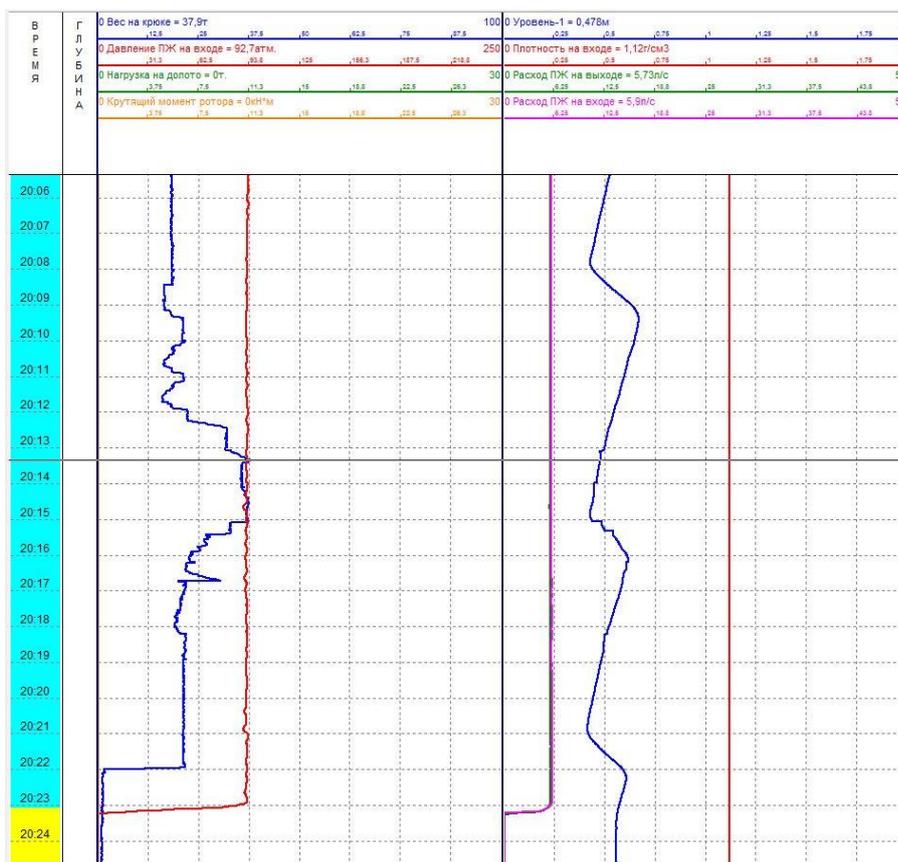


Рис. 9. Диаграмма среза штифтов камеры разряжения по данным геолого-технологических исследований

Остановили буровой насос и осуществили беспрепятственный подъём клина-отклонителя ОИ-168 из скважины, обеспечив доступ в материнский ствол. Таким образом, благодаря проведенной корректировке конструкции крюка съемника (Рис. 7) удалось сократить временные затраты на операцию по захвату клина в 10 раз (с 6,5 в скв. 6644бс до 0,67 ч). Поэтому с целью уменьшения затрат на реконструкцию скважин предлагаем исключить геофизические исследования по ориентированию съемника в направлении желоба клина, на которые было затрачено 9,6 ч, из которых 3,67 ч – ожидание партии и 1,5 ч интерпретация результатов ГИС.

С учетом полученных результатов можно сделать вывод, что разработанное инновационное устройство для извлечения клиньев-отклонителей из скважины (съемник) обладает расширенными технологическими и функциональными возможностями, повышенными прочностными

характеристиками, позволяет повысить эффективность этой технологической операции и может успешно применяться при строительстве новых МЗС и МСС с обсадными колоннами основного ствола диаметром 168 мм и менее, а также при реконструкции существующих скважин с переводом их в разряд МСС методом резки и бурения БС и БГС с сохранением в работе материнского ствола.

Список литературы

1. Харьков, В.А. Капитальный ремонт нефтяных и газовых скважин / В.А. Харьков. – М.: Гостоптехиздат, 1958. – 147 с.
2. Строительство многоствольной скважины на два горизонта на Шегурчинском месторождении ПАО «Татнефть» / Р.И. Шафигуллин, А.Я. Вакула, А.А. Мухаметшин, А.Л. Насыров, Ф.Ф. Ахмадишин // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 7. – С. 15-17.
3. Патент N 2713276 Российская Федерация, МПК E21B 31/20 (2006.01). Устройство для извлечения клина-отклонителя из скважины: N 2019130821: заявлено 30.09.2019: опубликовано 04.02.2020 / Мухаметшин А.А., Ахмадишин Ф.Ф., Насыров А.Л.; патентообладатель Публичное акционерное общество «Татнефть» имени В.Д. Шашина.
4. Патент N 2732779 Российская Федерация, МПК E21B 31/00 (2006.01). Устройство для извлечения клина-отклонителя из горизонтального участка скважины: N 2020117663: заявлено 28.05.2020: опубликовано 22.09.2020 / Мухаметшин А.А., Ахмадишин Ф.Ф., Насыров А.Л.; патентообладатель Публичное акционерное общество «Татнефть» имени В.Д. Шашина.
5. Восстановление скважины с применением извлекаемого клина-отклонителя / А.А. Мухаметшин, А.Л. Насыров, Ф.Ф. Ахмадишин, Н.Я. Тимкин, И.Г. Арслангалиев, Н.А. Гараев // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть / ПАО «Татнефть». – М.: Нефтяное хозяйство, 2018. – Вып. 86. – С. 194-199.

References

1. Kharkov V.A. Kapitalnyi remont neftyanykh i gazovykh skvazhin [Workover of oil and gas wells]. Moscow: Gostoptekhizdat, 1958. 147 P. (in Russian)
2. Shafigullin R.I., Vakula A.Ya., Mukhametshin A.A., Nasyrov A.L., Akhmadishin F.F. Stroitelstvo mnogostvolny skvazhiny na dva gorizonta na shegurchinskoye mestorozhdenii PAO Tatneft [Construction of dual-layer multilateral well in Shegurchinskoye field of Tatneft PJSC]. Neftyanaya Provintsiya [Oil Province], 2018, No. 7, pp. 15-17. (in Russian)
3. Mukhametshin A.A., Akhmadishin F.F., Nasyrov A.L. Patent RU2713276, Int. Cl. E21B 31/20 (2006.01). Ustroystvo dlya izvlecheniya klina-otklonitelya iz skvazhiny [A tool for deflection wedge retrieval from wellbore]. No. 2019130821: appl. 30 September 2019: publ. 04 February 2020. 24 P. (in Russian)
4. Mukhametshin A.A., Akhmadishin F.F., Nasyrov A.L. Patent RU2732779, Int. Cl. E21B 31/00 (2006.01), E21B 31/12 (2020.05), E21B 31/20 (2020.05). Ustrojstvo dlya izvlecheniya klina-otklonitelya iz gorizontalnogo uchastka skvazhiny [A tool for deflection wedge retrieval from horizontal well section]. No. 2020117663: appl. 28 May 2020: publ. 22 September 2020. 17 P. (in Russian)

5. Mukhametshin A.A., Nasyrov A.L., Akhmadishin F.F., Timkin N.Ya., Arslangaliev I.G., Garaev N.A. Vosstanovlenie skvazhiny s primeneniem izvlekaemogo klina-otklonitelya [Well rehabilitation using retrievable deflection wedge]. Collection of research papers of TatNIPIneft Institute – PJSC TATNEFT. Moscow: Neftyanoe Khozaistvo [Oil Industry], 2018, Vol. 86, pp. 194-199. (in Russian)

Сведения об авторах

Насыров Азат Леонардович, научный сотрудник, институт "ТатНИПИнефть" ПАО "Татнефть" им. В.Д. Шашина
Россия, 423236, Бугульма, ул. Джалиля, 32
E-mail: nal@tatnipi.ru

Мухаметшин Алмаз Адгамович, к.т.н., ведущий научный сотрудник, институт "ТатНИПИнефть" ПАО "Татнефть" им. В.Д. Шашина
Россия, 423236, Бугульма, ул. Джалиля, 32
E-mail: maa@tatnipi.ru

Authors

A.L. Nasyrov, Research Associate, TatNIPIneft Institute-PJSC TATNEFT
32, M. Djalil st., Bugulma, 423236, Russian Federation
E-mail: nal@tatnipi.ru

A.A. Mukhametshin, PhD, Lead Research Associate, TatNIPIneft Institute-PJSC TATNEFT
32, M. Djalil st., Bugulma, 423236, Russian Federation
E-mail: maa@tatnipi.ru

Статья поступила в редакцию 16.05.2023
Принята к публикации 15.06.2023
Опубликована 30.06.2023