

В.Ф. Нуриахметов, Ф.Н. Янгиров, Д.Ф. Ибрагимов (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация),
А.С. Ибатуллин (Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация)

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Vadim F. Nuriakhmetov, Farit N. Yangirov, Dinislam F. Ibragimov
(Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation),
Artemy S. Ibatullin (Tyumen, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation)

DEVELOPMENT OF MULTI-STAGE FRACTURING TECHNOLOGIES

Введение

В связи с ростом доли трудноизвлекаемых запасов нефти совершенствуются системы заканчивания скважин и интенсификация притока флюидов. Одним из наиболее эффективных методов добычи трудноизвлекаемых запасов нефти является применение горизонтальных скважин с многостадийным гидроразрывом пласта. Данная статья посвящена технологии заканчивания скважин с управляемыми муфтами для гидроразрыва пласта с помощью инструмента SandHawk на гибких насосно-компрессорных трубах. Рассмотрены различные виды муфт ступенчатого гидроразрыва пласта, схемы компоновок низа буровой колонны для подготовки скважины к проведению работ по открытию/закрытию портов с помощью инструмента SandHawk.

Цели и задачи

Анализ развития технологии многостадийного гидроразрыва пласта и изучение инструмента SandHawk для проведения многостадийного гидроразрыва пласта в скважинах с горизонтальным участком на Приобском месторождении.

Background

Due to the increasing share of hard-to-recover oil reserves, systems for well completion and intensification of fluid inflows are being improved. One of the most effective methods for producing hard-to-recover reserves is the drilling of horizontal wells with multi-stage hydraulic fracturing. This article is devoted to well completion technology with using controlled frac sleeves, which are controlled by the SandHawk tool on coil tubing. The article describes a Various types of frac sleeves, downhole drill stem assembly for preparing the well, for open and close ports by the SandHawk.

Aims and Objectives

Analysis the development of multi-stage fracturing and study the SandHawk tool for multi-stage fracturing in wells with a horizontal section at the Priobskoye field.

Результаты

Проведен анализ развития и усовершенствования технологий, связанных с процессом вторичного вскрытия пластов в скважинах с горизонтальным участком на Приобском месторождении.

Results

The analysis of development and improvement of technologies for secondary drilling in wells with a horizontal section at the Priobskoye field was carried out.

Ключевые слова: вторичное вскрытие продуктивного пласта; Приобское месторождение; многостадийный гидроразрыв пласта; SandHawk; муфта ступенчатого гидроразрыва пласта

Key words: stimulated completion; Priobskoye field; multi-stage hydraulic fracturing; SandHawk; frac sleeve

На сегодняшний день усовершенствование технологий, связанных с процессом вторичного вскрытия продуктивных пластов, является актуальной проблемой при бурении скважин с горизонтальным участком.

Одной из перспективных технологий, направленных на увеличение добычи нефти в низкопроницаемых коллекторах, а также месторождениях, продуктивные пласты которых имеют сложное геологическое строение, является многостадийный гидроразрыв пласта (МГРП) [1]. В результате МГРП происходит интенсификация добычи нефти и вовлечение в разработку запасов, которые ранее оставались в неохваченных разработкой зонах или участках пласта в силу ряда причин. В скважинах с горизонтальным участком ствола есть возможность проведения непрерывного

гидроразрыва пласта отдельно в каждом стимулируемом интервале [2].

Рассмотрим эволюцию развития технологии МГРП.

В 2013 г. на Приобском месторождении началось активное применение технологии МГРП с муфтами ступенчатого гидроразрыва пласта (МСГРП), которые получили широкое распространение на скважинах с горизонтальным окончанием [3].

Активация муфт МСГРП происходит при помощи пуска и прокачки шаров различного диаметра в скважину, начиная с самого меньшего диаметра. Муфты спускаются в составе хвостовика вместе с набухающими или гидромеханическими пакерами, обеспечивающими изоляцию пластов при проведении операции (рисунки 1, 2).



Рисунок 1. Посадочная муфта, активируемая шаром



Рисунок 2. Заколонный пакер

С 2015 г. применяются технологии МСГРП, в которых нет необходимости разбуривать активационные шары с фрак-портами. Они активируются растворимыми шарами, изготовленными из сплавов магния и алюминия с добавлением легирующих присадок.

МГРП с использованием традиционной шаровой компоновки проводят следующим образом: порты, через которые предполагается «атаковать» породу, открываются при определенном давлении специальными шарами, перекрывающими трубное пространство. Шары затем разбуриваются, но повторно закрыть эти порты для проведения нового гидроразрыва уже невозможно.

Компоновки для шарового гидроразрыва пласта (ГРП) относительно дешевые, но их «одноразовость» оказалась существенным недостатком.

Со временем добыча на этих скважинах начинала падать, и следующим этапом развития становится выбор технологий для проведения на таких скважинах повторного ГРП. Для того, чтобы в дальнейшем проводить повторный МГРП более эффективно, необходимо отказаться от устаревших «одноразовых» компоновок и перейти на более современные системы – как шаровые, так и бесшаровые – с муфтами, которые можно закрывать и открывать многократно [4, 5].

Дополнительное преимущество такой конструкции состоит в том, что отдельные порты можно закрывать не только для прове-

дения повторного ГРП, но и в случае прорыва воды через один из портов [6].

На сегодняшний день на Приобском месторождении проводятся опытно-промышленные работы по внедрению технологии многостадийного гидроразрыва пласта с портами, которые можно многократно закрывать и открывать.

Главной отличительной особенностью технологии является отсутствие необходимости поднимать гибкие насосно-компрессорные трубы (ГНКТ) на поверхность при выполнении стадий ГРП. Все операции МГРП происходят за одну спуско-подъемную операцию. Открытие/закрытие управляемых муфт многостадийного заканчивания скважин производится с помощью инструмента SandHawk, спускаемого в ГНКТ. ГРП при использовании данного инструмента осуществляется через трубное и затрубное пространство. Инструмент может использоваться для открытия/закрытия как управляемых многоразовых скользящих муфт, так и одноразовых и многоразовых муфт с разрывными дисками [7, 8].

Уникальность инструмента заключается в том, что при его использовании есть возможность проводить повторные ГРП через существующую перфорацию, также при проведении работ возможна индикация открытия/закрытия портов на поверхности в режиме реального времени при помощи модуля индикации Echo (рисунок 3).

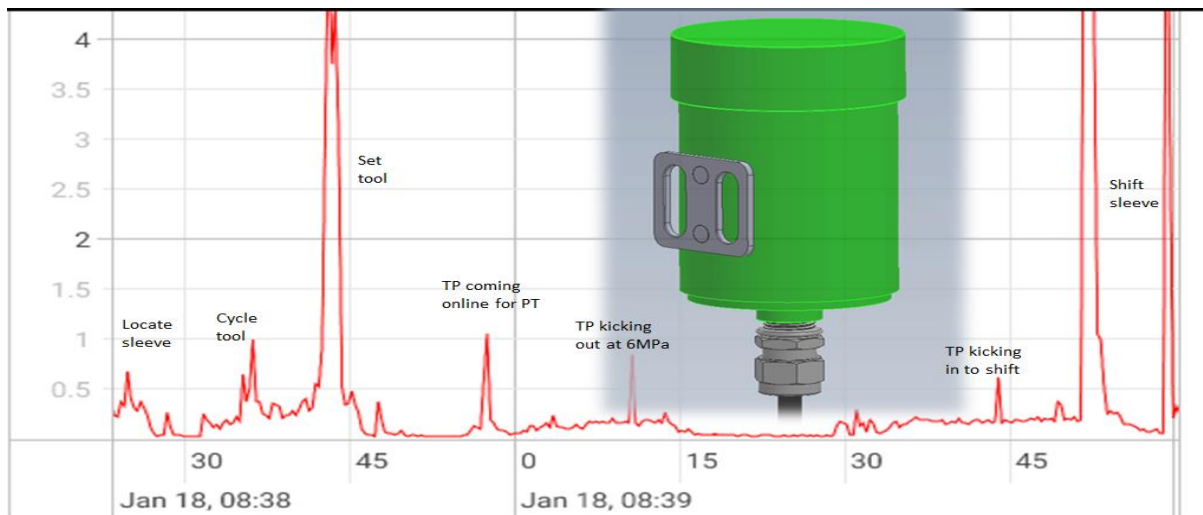


Рисунок 3. Модуль индикации закрытия/открытия портов МГРП

Работы ГНКТ по открытию/закрытию портов можно разделить на несколько этапов.

1. Первая спуско-подъемная операция (СПО) - шаблонирование и фрезерование.
2. Вторая СПО - очистка ствола со шламоуловителем.
3. Третья СПО - оперирование премиум-портами ГРП с помощью инструмента SandHawk.
4. Четвертая СПО - промывка и освоение.

Рассмотрим схемы компоновки низа колонны (далее НКК) для каждой СПО.

Первая СПО - шаблонирование и фрезерование:

- соединитель внешнего закрепления для внутрискважинных инструментов - 73 мм. Предназначен для внешнего закрепления внутрискважинных инструментов со свободным концом ГНКТ для бурения или фрезерования;

- обратный клапан трубы ГНКТ - 73 мм. Предназначен для предотвращения подъема пластовой жидкости под давлением по стволу ГНКТ. Активируется потоком жидкости и за-

крывается, когда жидкость в стволе вытекает из пласта через подвеску ГНКТ. В активированном состоянии клапан останавливает поток жидкости и обеспечивает управляемость скважины;

- гидравлический разъединитель - 73 мм. Предназначен для высвобождения прихваченной колонны. Высвобождающий механизм активизируется за счет спуска стального шарика на седло инструмента. Затем в ГНКТ нагнетается установленное давление, поршень сдвигается, тем самым разъединяя инструмент для высвобождения прихваченной колонны. Гидравлический разъединитель устанавливается на конце забойной компоновки, что позволяет подконтрольно отсоединять ГНКТ от забойной компоновки;

- винтовой забойный двигатель (ВЗД);
- фрез торцевой - 96 мм. Предназначен для шаблонирования и фрезерования ствола скважины [9].

Вторая СПО - очистка ствола скважины со шламоуловителем:

- цанговый соединитель. Служит для перевода гибких труб (ГТ) на резьбовое соединение того или иного типа;

- аварийный разъединитель. В случае прихвата компоновки позволяет отсоединить КНК и поднять ГТ на поверхность, оставляя в скважине ловильную шейку. Разъединение происходит после срезания штифтов поршнем, на который ложится прокаченный в ГТ шар определенного размера и разобцает ГТ со скважиной, что позволяет увеличить давление над поршнем разъединителя. Давление среза штифтов устанавливается в зависимости от выполняемых работ;

- шламоуловитель. Предназначен для очистки ствола скважины.

Третья СПО - оперирование портами ГРП с помощью инструмента SandHawk:

- цанговый соединитель;
- аварийный разъединитель;
- модуль измерительных приборов. Позволяет исследовать работу ГТ в надпакерной зоне. После подъема инструмента можно получить данные такие как: температура, давление ГТ, давление малого затруба, натяжение ГТ, сжатие ГТ;

- модуль гидрораспределительной перфорации (ГПП) включает в себя два элемента: блок с форсунками, переключающий клапан ГПП - ГРП, он же является уравнивающим. Эти два элемента не могут работать друг без друга, поэтому устанавливаются всегда вместе. Переключается модуль посредством осевых нагрузок: если последнее движение ГТ было вверх, инструмент готов к ГПП, соответственно если вниз, то можно проводить ГРП. Все переключения синхронизированы с модулем активации МГРП, что обеспечивает невозможность перейти через цикл. Этот же модуль является уравнивающим для того, чтобы уравнивать давление в надпакерной зоне и под ней. Если в ГПП нет необходимости, то вместо модуля ГПП устанавливается просто уравнивающий клапан. Он служит для выравнивания давления после ГРП;

- модуль активации МГРП. Служит для нахождения, открытия, закачки ГРП, закрытия МГРП, а также различных тестовых манипуляций в скважине, глухой трубе. Переключение модуля осуществляется посредством осевых нагрузок на него;

- манометр. Устанавливается для исследования подпакерной зоны по окончании работ. Модуль записывает температуру и давление подпакером;

- фрикционный якорь. Имеет постоянный контакт с глухой трубой (хвостовиком) и создает аксиальную нагрузку на компоновку низа колонны, за счет этого обеспечивает переключения инструмента с помощью осевых нагрузок [10].

На рисунке 4 изображена схема компоновки низа колонны с инструментом SandHawk.

Четвертая СПО - промывка и освоение:

- соединитель внутреннего закрепления для внутрискважинных инструментов - 50,8 мм;
- обратный клапан трубы ГНКТ- 50,8 мм;

- промывочная насадка с форсунками для промывки скважины.

Работа на первой скважине была проделана в июне 2019 г. Без учета непроизводительного времени, связанного с доставкой оборудования и материалов и ожидания принятия решений из-за нестандартных ситуаций, чистое производственное время по проведению данной операции составило 213 ч.

Было проведено 4 СПО:

- шаблонирование хвостовика скважины;

- очистка ствола со шламоуловителем ШМУ;

- основная работа по открытию премиум-портов МГРП и ГРП;

- финальная промывка и освоение скважины.

Скважина представлена с эксплуатационной колонной 178 мм и хвостовиком 114 мм с максимальным углом 90,84 градуса в пласт АС-12.

Спущен стигер на НКТ 114 мм на глубину 2928,81 м для герметичной стыковки колонны НКТ с пакер-подвеской хвостовика. Хвостовик нецементированный с заколонными манжетными пакерами для изоляции заколонного пространства между муфтами ГРП. Схема скважины представлена на рисунках 5, 6.

Длина	Внеш. д.	Внут. д.	Описание
0,24	86	43,1	Цанговый коннектор ГТ 2" Прошаблонирован шаром 1,375" (34,9 мм)
0,1	86	38	Переводник 2-7/8" SA Муфта x 2-1/4" SA Ниппель
0,43	70,1	31,8	Гидравлический разъединитель Среднее давление с 1,375" (34,9 мм) шаром - 43,5 Мпа Длина головы аварийного инструмента 0,20 м, внеш. д. 70,1 мм
0,78	70,1	N/A	Клапан байпаса Внеш. диаметр ребер 96,4 мм Длина сдвига 0,14 м
2,1	96,3	N/A	Модуль ГРП G5 (Пакер БВТ-восток) Длина сдвига 0,28 м ОБЩАЯ ДЛИНА СДВИГА ДЛЯ ПОСАДКИ 0,42 М Всего ОБЩАЯ ДЛИНА В СВОБОДНОМ ПОЛОЖЕНИИ 6,22 М Всего ОБЩАЯ ДЛИНА ПОСАДКИ ИНСТРУМЕНТА 5,9 М Всего
0,51	93,80	49,70	Манометр/термометр № 4051
0,84	96,3	50,8	Фрикционный якорь Внеш. диаметр ребер 114 мм
1,22	94	N/A	Многоразовый компенсатор Давление 2500 psi
6,22			

Рисунок 4. Схема КНК инструмента SandHawk

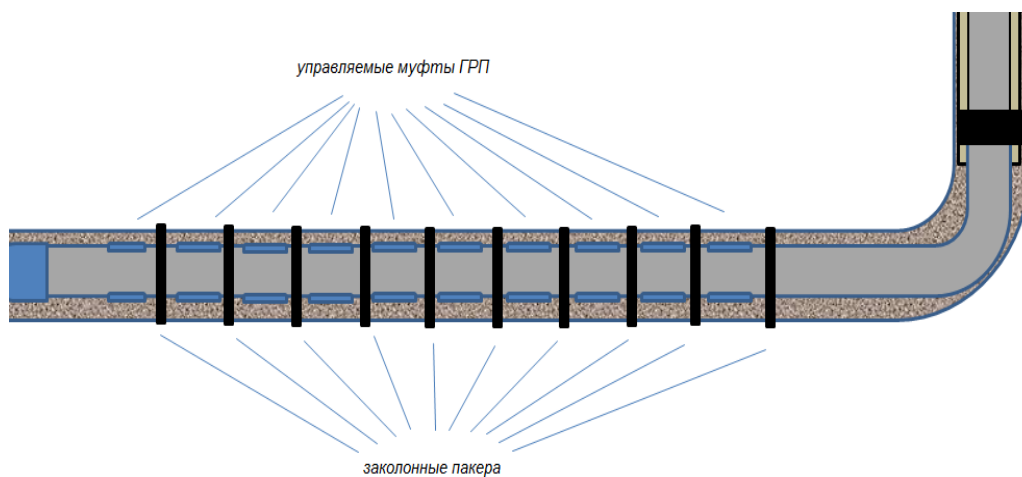


Рисунок 5. Схема скважины

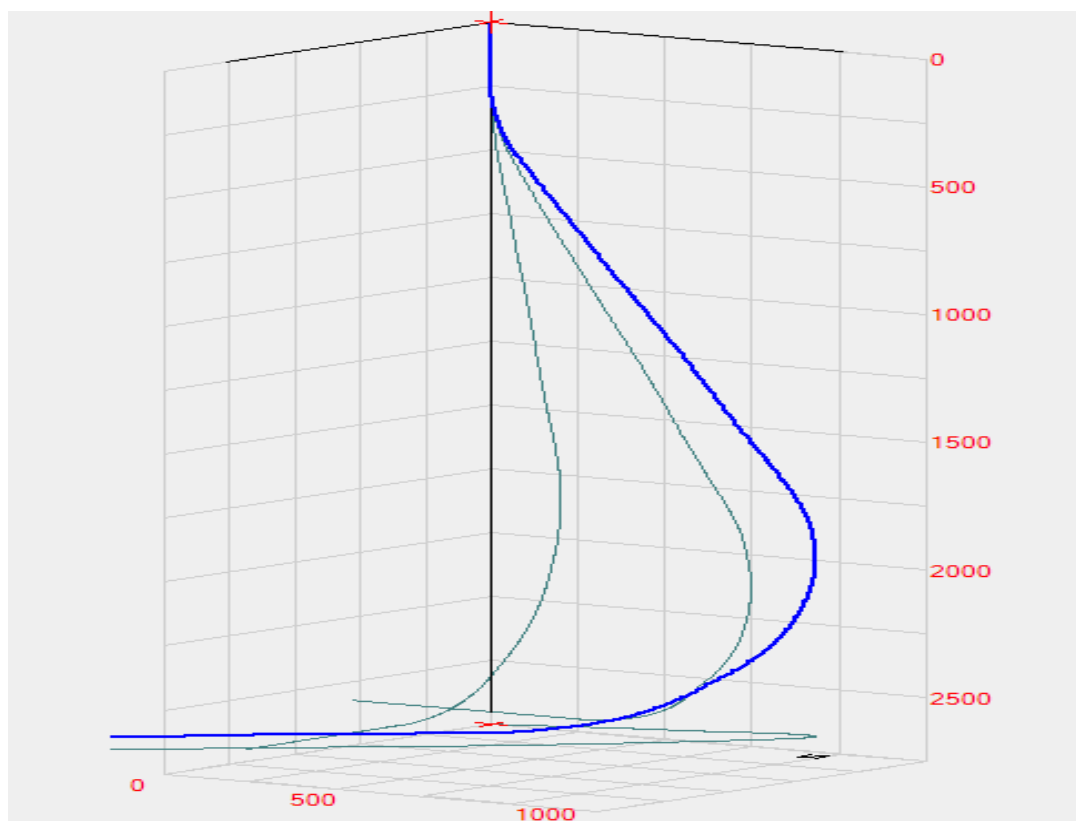


Рисунок 6. Проекция скважины

Первостепенной задачей при подготовке является выбор диаметра ГНКТ. Был использован симулятор действующих сил на ГНКТ, который позволил спроектировать максимальную глубину. Была выбрана ГНКТ диаметром 50,8 мм с пределом текучести в 620 МПа.

Выбор ГНКТ 50,8 мм был сделан с учетом горизонтального участка скважины и анализа скорости потока в малом затрубье ГНКТ/НКТ.

Результаты расчетов в программе «Cerberus» показали, что оптимальная скорость потока в затрубье для вымыва пропанта достигается при использовании ГНКТ 50,8 мм, так как объем малого затрубья при использовании этой трубы меньше, чем при использовании трубы 44,45 мм.

Расчет усилий на ГНКТ в программе показал, что использование ГНКТ 50,8 мм - оптимальный выбор (рисунок 7).

После освоения скважины средний приток составил 450 м³/сут.

Содержание воды 10 %.

Основные преимущества использования технологии МСГРП с инструментом SandHawk:

- практически неограниченное количество ГРП;
- наличие равнопроходного хвостовика по сравнению с закачиванием с шаровыми технологиями;
- отсутствие необходимости разбуривания седел/пробок ГРП;
- возможность проведения селективного повторного ГРП или ГРП в ранее нестимулированных зонах.

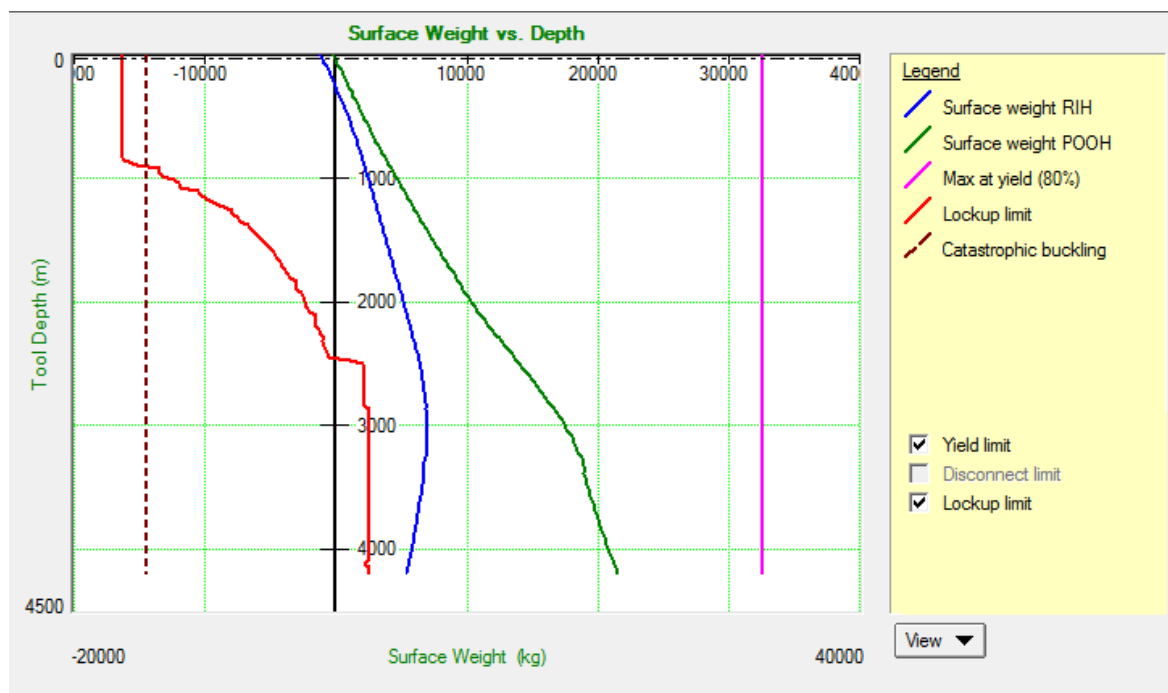


Рисунок 7. Расчет веса ГНКТ при спуско-подъемных операциях

Выводы

Многостадийный гидроразрыв пласта - мощнейшее средство воздействия на пласт, которое проявляется не только в интенсификации добычи нефти, но и в существенном повышении текущей и конечной нефтеотдачи пластов.

В настоящее время увеличивается доля трудноизвлекаемых запасов, что обусловлено усложнением их структуры, глубиной залегания, и стандартные скважинные операции уже не решают тех задач, которые стоят перед нефтедобывающими организациями. В связи с этим многие российские нефтяные компании отказываются от применения традиционных МГРП с шаровой компоновкой и заколонными пакерами, в которых приходится фрезеровать порты МГРП. За рубежом такие технологии считаются устаревшими.

На смену идут более современные системы - бесшаровые с равнопроходными диаметрами, в которых муфты ГРП можно закрывать и открывать многократно. Следует отметить целый ряд преимуществ использования колтюбинговых технологий в связи с тем, что с каждым годом совершенствуется технологии заканчивания скважин с горизонтальным участком. Промывка скважин, освоение азотом, удаление гидрато-парафиновых пробок и многие операции, проводимые с использованием ГНКТ, перешли в разряд стандартных. Колтюбинговые установки в настоящее время позволяют выполнять практически все виды работ в ходе капитального ремонта скважин, и при этом они полностью автоматизированы и по сути являются прототипами буровых установок и капитальных ремонтов скважин в будущем.

Список литературы

1. Агзамов Ф.А., Акбулатов Т.О., Исмаков Р.А., Комлева С.Ф., Конесев Г.В., Левинсон Л.М., Попов А.Н., Сакаев Р.М., Санников Р.Х., Соловьев А.Я., Трушкин Б.Н., Чуктуров Г.К., Янгиров Ф.Н. Нефтегазовое дело: В 6 Т. Бурение нефтяных и газовых скважин. СПб.: Недра, 2012. Т. 2. 428 с.
2. Liu Y., Gadde P.B., Sharma M.M. Proppant Placement Using Reverse-Hybrid Fracs // *Materials of SPE Gas Technology Symposium*. Calgary, Alberta, Canada, 2006. SPE-99580-MS. DOI: 10.2118/99580-MS.
3. Ибрагимов Д.Ф., Нуриахметов В.Ф., Хизбуллин Р.Р. Применение инструмента SandHawk для проведения многостадийного гидроразрыва пласта в скважинах с горизонтальным участком // *Современные проблемы нефтегазового оборудования: матер. междунаро. науч.-технич. конф.* Уфа: Изд-во УГНТУ, 2019. С. 228-233.
4. Колесова С.Б., Полозов М.Б. Использование кислотного ГРП для повышения нефтеотдачи низкопроницаемых неоднородных коллекторов каширо-подольских отложений // *Экспозиция Нефть Газ*. 2019. Вып. 3 (70). С. 54-56. DOI: 10.24411/2076-6785-2019-10023.
5. Hydraulic Fracturing Accounts for About Half of Current U.S. Crude Oil Production // *U.S. Energy Information Administration*. 15.03.2016. URL: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=25372> (дата обращения: 19.10.2020).
6. Malhotra S., Lehman E.R., Sharma M.M. Proppant Placement Using Alternate-Slug Fracturing // *Materials of SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference*. Woodlands, Texas, USA, 2013. SPE-163851-MS. DOI: 10.2118/163851-MS.
7. Стабинкас А.П., Султанов Ш.Х., Янгиров Ф.Н., Борисов Г.А. Необходимые условия информационной среды для объективного анализа результатов применения технологий добычи нефти // *Инновационные решения в строительстве скважин: матер. всеросс. науч.-технич. конф.* Уфа: Изд-во УГНТУ, 2011. С. 118-122.
8. Акрамов Т.Ф., Яркеева Н.Р., Самушкова Э.С. Анализ эффективности применения гидроразрыва пласта на поздней стадии разработки (на примере нефтяных месторождений республики Башкортостан) // *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2019. Вып. 5 (121). С. 56-63. DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-5-56-63.
9. Яркеева Н.Р., Хусаинов Б.И., Самушкова Э.С. Анализ проведения гидравлического разрыва пласта по технологии Slug Frac // *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2019. Вып. 4 (120). С. 58-64. DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-4-58-64.

References

1. Agzamov F.A., Akbulatov T.O., Ismakov R.A., Komleva S.F., Konesev G.V., Levinson L.M., Popov A.N., Sakaev R.M., Sannikov R.Kh., Solovev A.Ya., Trushkin B.N., Chukurov G.K., Yangirov F.N. *Neftgazovoe delo: V 6 T. Burenie neftyanykh i gazovykh skvazhin* [Oil and Gas Business: in 6 Volumes. Drilling Oil and Gas Wells]. Saint Petersburg, Nedra Publ., 2012. Vol. 2. 428 p. [in Russian].
2. Liu Y., Gadde P.B., Sharma M.M. Proppant Placement Using Reverse-Hybrid Fracs. *Materials of SPE Gas Technology Symposium*. Calgary, Alberta, Canada, 2006, SPE-99580-MS. DOI: 10.2118/99580-MS.
3. Ibragimov D.F., Nuriakhmetov V.F., Khizbullin R.R. Primenenie instrumenta SandHawk dlya provedeniya mnogostadiinogo gidrorazryva plasta v skvazhinakh s gorizontaln'ym uchastkom [The Using of Sandhawk on Coiled Tubing for Opening Closing of Controlled-Reusable Frac Sleeve for Multi-Stage Fracking in Directional Wells with a Horizontal Section]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Sovremennye problemy neftegazovogo oborudovaniya»* [Materials of the International Scientific and Technical Conference «Modern Problems of Oil and Gas Equipment»]. Ufa, UGNTU Publ., 2019, pp. 228-233. [in Russian].
4. Kolesova S.B., Polozov M.B. Ispol'zovanie kislotnogo GRP dlya povysheniya nefteotdachi nizkopronitsaemykh neodnorodnykh kolektorov kashiro-podolskikh otlozhenii [Using Acid Fracturing for Promotion Oil Recovery of Low-Permeable Heterogeneous Reservoirs of Kashiro-Podolsk Sediments]. *Ekspozitsiya Neft' Gaz - Exposition Oil Gas*, 2019, Issue 3 (70), pp. 54-56. DOI: 10.24411/2076-6785-2019-10023. [in Russian].
5. Hydraulic Fracturing Accounts for About Half of Current U.S. Crude Oil Production. *U.S. Energy Information Administration*. 15.03.2016. Available at: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=25372> (accessed 19.10.2020).
6. Malhotra S., Lehman E.R., Sharma M.M. Proppant Placement Using Alternate-Slug Fracturing. *Materials of SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference*. Woodlands, Texas, USA, 2013, SPE-163851-MS. DOI: 10.2118/163851-MS.
7. Stabinskas A.P., Sultanov Sh.Kh., Yangirov F.N., Borisov G.A. Neobkhodimye usloviya informatsionnoi sredy dlya ob"ektivnogo analiza rezul'tatov primeneniya tekhnologii dobychi nefti [Necessary Conditions of the Information Environment for an Objective Analysis of the Results of the Application of Oil Production Technologies]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Innovatsionnye resheniya v stroitel'stve skvazhin»* [Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference

10. Пат. 2260112 РФ, МПК Е 21 В 43/12. Жидкость для глушения скважин / Р.А. Исмаков, А.А. Ахметов, А.Н. Дудов, Г.В. Конесев, В.А. Докичев, Г.А. Киряков, Р.А. Мулюков, Ф.Н. Янгиров, М.С. Юнусов, Р.З. Биглова, Н.З. Байбулатова, Д.В. Петров, А.Я. Соловьев, В.Г. Конесев, Т.В. Докичев. 2004115031/03, Заявлено 18.05.2004; Оpubл. 10.09.2005. Бюл. 25.

«Innovative Solutions in Well Construction»). Ufa, UGNTU Publ., 2011, pp. 118-122. [in Russian].

8. Akramov T.F., Yarkeeva N.R., Samushkova E.S. Analiz effektivnosti primeneniya gidrorazryva plasta na pozdnei stadii razrabotki (na primere neftyanykh mestorozhdenii respubliky Bashkortostan) [Effectiveness from Fracturing at a Late Stage of Development (on the Example Republic of Bashkortostan Oil Fields)]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2019, Issue 5 (121), pp. 56-63. DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-5-56-63. [in Russian].

9. Yarkeeva N.R., Khusainov B.I., Samushkova E.S. Analiz provedeniya gidravlicheskogo razryva plasta po tekhnologii Slug Frac [Analysis of Hydraulic Fracturing Technology Slug Frac]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2019, Issue 4 (120), pp. 58-64. DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-4-58-64. [in Russian].

10. Ismakov R.A., Akhmetov A.A., Dudov A.N., Konesev G.V., Dokichev V.A., Kiryakov G.A., Mulyukov R.A., Yangirov F.N., Yunusov M.S., Biglova R.Z., Baibulatova N.Z., Petrov D.V., Solovev A.Ya., Konesev V.G., Dokichev T.V. *Zhidkost' dlya glusheniya skvazhin* [Well Killing Fluid]. Patent RF, No. 2260112, 2005. [in Russian].

Авторы

• Нуриахметов Вадим Флюрович
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Студент кафедры «Бурение нефтяных и газовых
скважин».
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail:nuriakhmetov_vadim@mail.ru

• Янгиров Фарит Наилович, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых
скважин»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: bngs-ufa@mail.ru

The Authors

•Nuriakhmetov Vadim F.
Ufa State Petroleum Technological University
Student of Oil and Gas Well Drilling Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail:nuriakhmetov_vadim@mail.ru

• Yangirov Farit N., Candidate of Engineering
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Oil and Gas Well
Drilling Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: bngs-ufa@mail.ru

• Ибрагимов Динислам Фанисович
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Студент кафедры «Бурение нефтяных и газовых
скважин»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: dinis-ibragimov@mail.ru

• Ibragimov Dinislam F.
Ufa State Petroleum Technological University
Student of Oil and Gas Well Drilling Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: dinis-ibragimov@mail.ru

• Ибатуллин Артемий Сергеевич
Тюменский индустриальный университет
Студент кафедры «Транспорт углеводородных
ресурсов»
Российская Федерация, 625000, г. Тюмень,
ул. Володарского, 38
e-mail: artem.ibatullin@gmail.com

• Ibatullin Artemy S.
Tyumen Industrial University
Student of Transportation of Hydrocarbon Resources
Department
38, Volodarsky str., Tyumen, 625000,
Russian Federation
e-mail: artem.ibatullin@gmail.com