

УДК 622.24.051.5

**ПРИЧИНЫ ОТКАЗА ОБОРУДОВАНИЯ НИЖНЕЙ ЧАСТИ
КОМПОНОВКИ МНОГОСТАДИЙНОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА ПРИ
СПУСКЕ В НЕОБСАЖЕННУЮ ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ СКВАЖИНУ
REASONS EQUIPMENT FAILURE LOWER PART OF MULTISTAGE
FRACTURING SYSTEM THE DESCENT INTO THE UNCASED
HORIZONTAL WELLS**

Тихонов А.Е., Копейкин И.С., Булюкова Ф.З.

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация.**

A.E. Tikhonov I.S. Kopeikin, F.Z. Bulyukova

**Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, the Russian Federation**

e-mail: Pyu.kopeikyn@gmail.com

Аннотация. На сегодняшний день, ввиду тяжелой экономической ситуации в стране и в нефтедобывающей отрасли, разработка новых скважин стала неэффективной. В последние годы нефтедобывающие компании существенно увеличивают объемы работ по строительству и реконструкции скважин с целью интенсификации и повышения технико-экономических показателей. Задача разработки месторождений с небольшими запасами и низкими фильтрационно-емкостными свойствами для нашей страны не являлась актуальной, пока не иссякли богатые фонтаны гигантских залежей. Однако сегодня, когда истощение ресурсной базы – тенденция, работа на месторождениях с низкопроницаемыми коллекторами стала серьезнейшим вызовом, потребовавшим дополнения стандартных методов разработки новыми подходами и технологиями.

Поэтому проблема повышения технико-экономических показателей эксплуатируемых скважин в последнее время стала весьма актуальной. Технологией, позволяющей разрабатывать месторождения с низкопроницаемыми коллекторами, является многостадийный гидроразрыв пласта (МГРП). К сожалению, данное стратегически важное направление нефтесервиса на сегодняшний день контролируется зарубежными операторами и поставщиками оборудования. Поэтому одной из важнейших задач страны является разработка собственного парка оборудования для МГРП, отвечающего современным стандартам и регламентам российских добывающих компаний.

В статье проведен анализ основных отечественных производителей оборудования для МГРП, в частности, отмечены достоинства и недостатки конструкции. Также выявлены причины, по которым происходит отказ оборудования в нижней части компоновки МГРП.

Авторами предложена конструкция нижней части компоновки, позволяющая устранить отказ оборудования.

Abstract. Today, due to the difficult economic situation in the country and in the oil industry, the development of new wells became ineffective. In recent years, oil companies significantly increase the amount of work on construction and reconstruction of wells in order to intensify and improve the technical and economic indicators. Problem fields with small reserves and low reservoir properties for our country is not relevant until you run out of the rich fountains of giant deposits. However, today, when the depletion of the resource base - a trend that the work on the fields with low-permeability reservoirs has become a serious challenge, require additions of standard methods of developing new approaches and technologies. Therefore, the problem of increasing technical and economic indicators of the exploited wells in recent years has become very urgent. The technology allows the development of the deposit with low-permeability reservoirs, is a multi-stage hydraulic fracturing. Unfortunately, this strategically important area of oilfield services today is controlled by foreign

operators and equipment suppliers. Therefore, one of the most important tasks is to develop the country's own fleet of equipment MGRP that meets modern standards and regulations of the Russian mining companies.

The article analyzes the major domestic manufacturers of equipment for multi-stage hydraulic fracturing particularly marked advantages and disadvantages of the construction. Also revealed the reasons for which there is equipment failure at the bottom of the layout multi-stage hydraulic fracturing.

In the final part of the article the authors propose the bottom of the design layout, which can eliminate equipment failure.

Conclusions and recommendations for hardware developers.

Ключевые слова: многостадийный гидроразрыв пласта, необсаженный ствол, горизонтальная скважина, циркуляционная муфта, башмак, обратный клапан.

Key words: multi-stage hydraulic fracturing, open hole, horizontal well, circulation sleeve, shoe, check valve.

Запрет на поставку оборудования МГРП со стороны США и ЕС оказывает ощутимое давление на российские нефтегазовые компании, провоцируя недостаток технического обеспечения и соответственно сокращение деятельности в нефтегазодобывающей отрасли. К примеру, ОАО «Лукойл» отказывается от ряда перспективных проектов, в том числе совместных с Total, по причине недоступности оборудования для проведения МГРП [2].

Несмотря на то, что в 2013 году создан первый российский комплект оборудования для гидроразрыва пласта при софинансировании Минобрнауки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы, а также, не смотря на сформировавшиеся к сегодняшнему дню отечественные компании такие как ГК «ЗЭРС», ЗАО «АртОснастка», ОАО «Тяжпрессмаш» и др., предлагающие свое оборудование для

заканчивания скважин системами МГРП, остается множество нерешенных задач и актуальных проблем.

Одной из таких актуальных проблем является отказ в работе первой (нижней) циркуляционной муфты компоновки МГРП, которая приводит к загрязнению. Таким образом, возникает необходимость в исследовании причины отказа оборудования и предложении технических решений по устранению данной проблемы. Решение данного вопроса необходимо начинать с изучения конструктивных особенностей инструмента конца колонны труб, предназначенного для безопасного проталкивания колонны по необсаженному участку скважины, защиты хвостовика при проталкивании через участки открытого ствола, а также снижение вероятностей прихвата колонны труб в горизонтальном участке. Этим инструментом является башмак.

На нефтесервисном рынке представлены башмаки различных конструкций, начиная от самых простых, необходимых для защиты концевых резьб бурильных труб до башмаков с вращающимися головками и встроенными обратными клапанами.

Группой компаний «ЗЭРС» представлен башмак колонный с возможностью вращения «Бк-Вр» (рисунок 1), который за счёт эксцентричного наконечника беспрепятственно преодолевает уступы и огибает преграды, что способствует прохождению каверн и зон сужения, встречающихся в открытом стволе [1].

Главным достоинством данного башмака является возможность установки в компоновку, спускаемой в открытый ствол с кавернообразными горными породами, что делает изделие привлекательным для заказчика.

Основным недостатком данного башмака является сложность конструкции изделия, что становится причиной частых отказов в процессе работы.

Также на рынке компанией «Halliburton» представлен башмак (рисунок 2,) со встроенным обратным клапаном «Super Seal II», который может быть применим в скважинах с любым искривлением. Данный клапан также представлен и в отдельном исполнении в виде муфты. Башмак и клапан имеют возможность разбуривания и успешно испытаны промывкой потоком с песком 1600 л/мин в течение 24 часов [3].

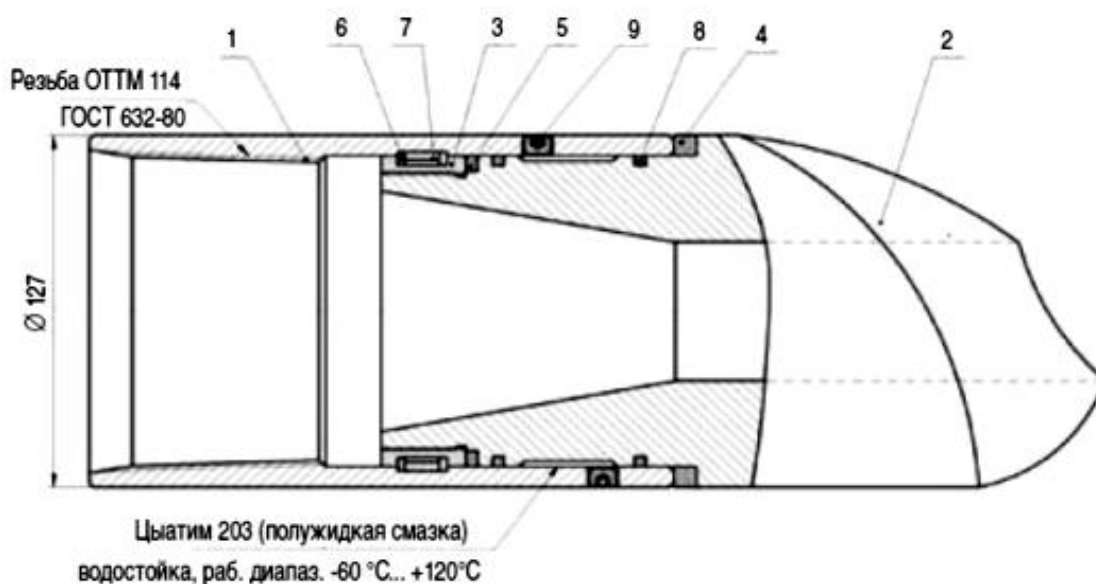


Рисунок 1. Башмак с возможностью вращения «Бк-Вр» производства «ЗЭРС»

- 1 – муфта; 2 – головка эксцентричная; 3 – гайка упорная;
 4, 5, 6 – опоры скольжения; 7 – фиксатор; 8 – кольца уплотнительные;
 9 – пробка коническая

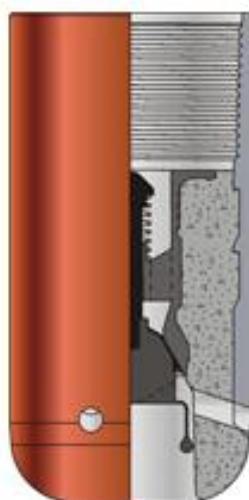


Рисунок 2. Башмак со встроенным клапаном «Super Seal II» производства «Halliburton»

Основным недостатком данного изделия можно назвать его стоимость относительно отечественного продукта.

Компанией ЗАО «АртОснастка» предлагаются башмаки и клапана с аналогичным принципом действия. Конструкция обратного клапана обеспечивает возможность применения в скважинах с любой кривизной ствола и успешно испытана обратным давлением равным 30 МПа и промывкой жидкостью с высоким содержанием песка в течение 24 ч. Прочность используемой пластиковой насадки в башмаке (рисунок 3) в 5 раз выше прочности традиционно применяемой при изготовлении башмаков бетонной направляющей насадки, что исключает разрушение башмака при транспортировке, монтаж в состав компоновки и спуске колонны в скважину. Клапан и башмак имеют возможность разбуривания [4].



Рисунок 3. Башмак со встроенным клапаном «БИТАРТ тип 210» производства «АртОснастка»

Компанией ОАО «Тяжпрессмаш» выпускаются и используются в компоновках для проведения МГРП обратный клапан ПХЦ1 114/168.080, аналогичный клапанам, выпускаемым компаниями «Halliburton» и «АртОснастка», и башмак БК114. Согласно плану работ, на проведение МГРП в горизонтальной скважине Татышлинского месторождения обратный клапан и башмак крепятся последовательно друг за другом без установки труб между ними. Отсюда возникает проблема загрязнения

нижней части колонны, так как расстояние между башмаком и клапаном очень не большое, образуется благоприятная зона для формирования пробок грязи.

Также ОАО «Тяжпрессмаш» выпускает обратный клапан КОШ2 (рисунок 4), в котором используется капролоновый шар позиция 6 (плотность капролона 1150 кг/м³), который при незначительном движении жидкости снизу – вверх подхватывается потоком раствора и прижимается к манжете позиция 4, герметично перекрывая внутреннее пространство. Однако рабочая температура капролона от -40...+70 °С.

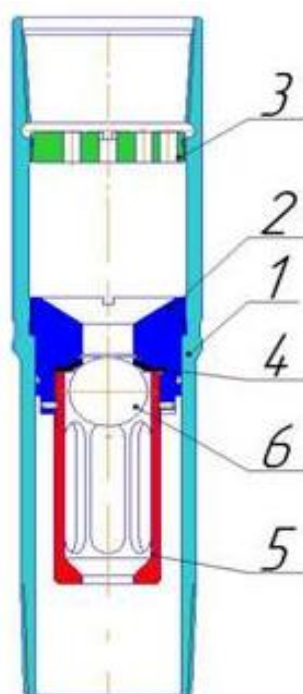


Рисунок 4. Клапан обратный КОШ2

Рассмотренные выше башмаки и клапаны применяются при спуске обсадной колонны в открытый ствол, как правило, для проведения цементации и дальнейшего разбуривания. Большинство конструкций башмаков предусматривает большой сквозной канал, необходимый для свободной прокачки цемента. В данный канал при спуске, вероятнее всего, попадает шлам и засоряет обратный клапан, в связи с чем, он перестает выполнять свои функции при спуске компоновки МГРП в открытый ствол [5].

Поэтому стоит рассмотреть возможность применения конструкции башмака без сквозного канала и возможности разбуривания, т.к. данные функции в компоновке МГРП не нужны, а их наличие сказывается на стоимости оборудования.

Компанией АО «ОБК Зенит» разработаны башмаки, предназначенные для спуска «хвостовиков», без наличия функции разбуривания (рисунок 5).

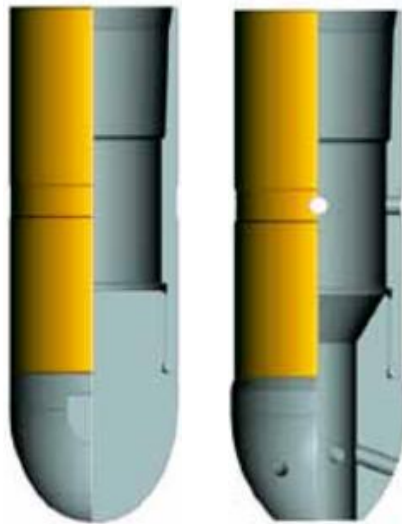


Рисунок 5. Башмаки производства «Зенит»

Как правило, конструкции обратных клапанов при спуске хвостовика аналогичны, представленным выше и могут использоваться в скважинах с любым углом наклона [6, 7]. И так как проблема загрязнения нижней части компоновки МГРП во время спуска в необсаженный горизонтальный участок скважины при использовании оборудования того или иного производителя решается не полностью, необходимо более тщательно подойти к подбору башмака компоновки.

В ходе проведенного анализа клапанов и башмаков нижней части компоновки для спуска в горизонтальные участки необсаженного ствола скважины можно предложить простую схему, благодаря которой появляется возможность снижения загрязнения колонны, а, следовательно, повышение эффективности работы обратного клапана. На схеме рисунка 6 представлена компоновка, состоящая из обратного клапана (производство

компаний «АртОснастка», «Halliburton» и другие рассмотренные выше производителей), фильтра трубного, выполненного из обсадной трубы путем высверливания отверстий, глухого башмака производства «Зенит» и центратора (производство компании «Тяжпрессмаш», «Уралмаш», «ЗЭРС», «Centek» и др.).

За счёт отсутствия центрального сквозного канала в башмаке и установке центратора непосредственно на фильтре, возможность попадания шлама в колонну снижается, таким образом, повышается вероятность безотказной работы клапана. Шлам будет скапливаться непосредственно перед башмаком. Башмак предпочтительнее использовать с вращающимся наконечником, что будет способствовать лучшему прохождению компоновки в неровностях горизонтального ствола. Также следует отметить, что обратный клапан должен быть устойчивым к гидравлическим ударам и пикам давления, возникающим при спуске колонны в скважину, которые могут осуществлять самопроизвольное открытие клапана и загрязнять его. Согласно плану работ, на проведение МГРП в горизонтальной скважине Татышлинского месторождения, спуск колонны осуществляется с циркуляцией и при использовании данной схемы, предполагается, что будет снижена вероятность попадания шлама в колонну при циркуляции и без неё.

Центратор предназначен для удержания фильтра над стенкой горизонтальной скважины, что также способствует снижению вероятности попадания шлама.

Согласно инструкции по креплению нефтяных и газовых скважин «РД 39-00147001-767-2000», а именно для наклонно направленных скважин с зенитным углом более 35° и горизонтальных участков ствола скважины – необходимо использовать центраторы типа ЦЦ-2, или ЦЦ-4 (жестко-упругие) или центраторы-турбулизаторы типа ЦТГ [4].

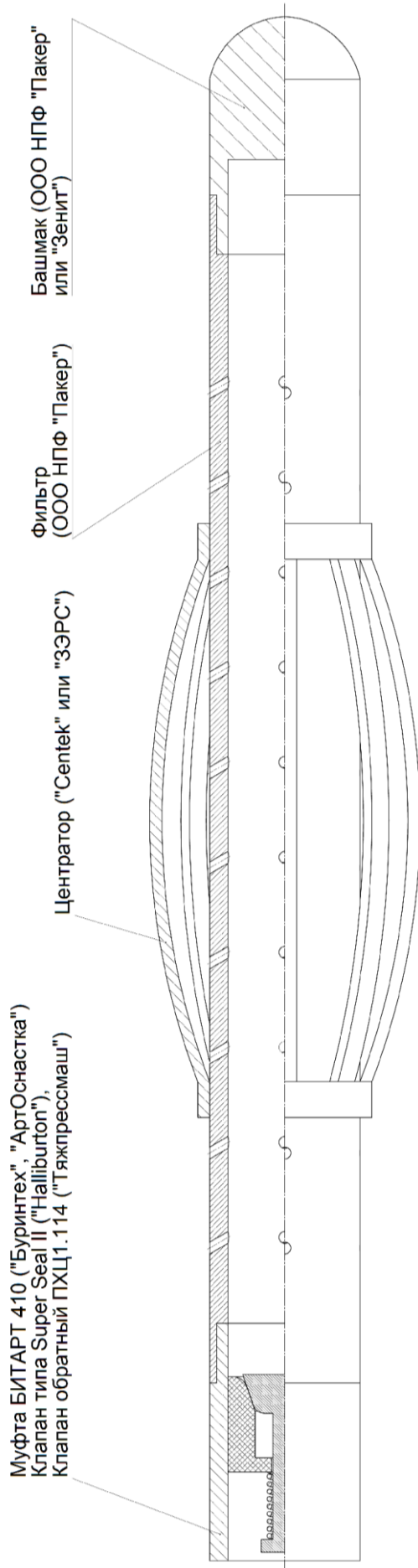


Рисунок 6. Схема компоновки нижней части для МГРП

По опыту компании «Роснефть», которая проводила МГРП в глубоких скважинах Уватского проекта, наиболее эффективными центраторами являются полужесткие пружинные центраторы компании «Centek», которые при спуске колонны имели наименьшее количество посадок и усилие трения, по сравнению с жесткими пружинными и роликовыми центраторами. Роликовый центратор был эффективен только при установке выше башмака кондуктора, а его спуск в открытый ствол становился причиной дополнительных сопротивлений и посадок при спуске колонны [6].

Для открытого ствола скважины необходимо подбирать полужесткие цельнометаллические центраторы, которые не имеют острых кромок на планках центратора и изготовлены по номинальному диаметру необсаженного ствола, благодаря чему сопротивление при спуске будет гораздо ниже. Также будет снижаться вероятность дифференциального прихвата колонны. Для достижения наибольшего эффекта от применения полужестких центраторов важен интервал их установки.

Выводы

Таким образом, проведен сравнительный анализ представленного на нефтяном рынке оборудования нижней части колонны спускаемой в составе компоновки МГРП в горизонтальный участок необсаженного ствола скважины.

Было определено, что большинство разработанных и используемых башмаков и клапанов при спуске обсадной колонны в открытый ствол, как правило, конструировались для проведения цементации и дальнейшего разбуривания. Большинство конструкций башмаков предусматривает большой сквозной канал, необходимый для свободной прокачки цемента. В данный канал при спуске, вероятнее всего, попадает шлам и засоряет обратный клапан, в связи с чем он перестает выполнять свои функции при спуске компоновки МГРП в открытый ствол.

Поэтому, авторами данной статьи была предложена схема применения конструкции башмака без сквозного канала и возможности разбуривания, т.к. данные функции в компоновке МГРП не нужны, а их наличие сказывается на стоимости оборудования. Предложена схема составления компоновки нижней части комплекса МГРП, благодаря которой появляется возможность избежать попадания шлама в обратный клапан и его засорение и, соответственно, увлечение надежности работы оборудования.

Список используемых источников

1 Комплекс технических средств для обеспечения оптимальных условий спуска и цементировки обсадных колонн в горизонтальные скважины с большой длиной горизонтального участка/ А.К. Дудаладов, Ванифатьева А.В., Стыхарь А.Ф., Чемодуров И.Н. //Бурение и нефть: электрон. журн. URL: <http://burneft.ru/archive/issues/2015-07-08/66>

2 О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд от 5 апр. 2013 г. № 44-ФЗ. М.,2014. С.37.

3 Каталог оборудования для цементации компании «Halliburton» / URL: <http://www.halliburton.com/en-US/ps/cementing/casing-equipment/floating-equipment/default.page?node-id=hfqela4z>

4 Каталог оборудования для цементируемых комплектов компании «АртОснастка» / URL: <http://art-osnastka.ru/catalog/universalnyy-tsementirovochnyy-komplekt/tip-700-i-modifikatsii/>

5 Кустарев Д.А., Сигарев С.А. Лучшие практики ООО «РН-Уватнефтегаз» по спуску обсадных колонн в глубокие скважины // Вестник ОАО "НК "Роснефть": науч. журн. 2016. №1. С. 50-58.

6 Повалихин А.С., Близнюков В.Ю. Особенности формирования внутрипластовых нефтепромысловых систем на основе технологии горизонтального бурения // Вестник ОАО "НК "Роснефть": науч. журн. 2016. №3. С. 63-67.

7 Ильский А.Л. Миронов Ю.В., Чернобыльский А.Г. Расчет и конструирование бурового оборудования: учеб. пособие для вузов. М.: Недра, 1985. 420с.

8 Копейкин И.С., Тихонов А.Е., Лягов А.В. Перспективы применения погружной компоновки для селективного испытания продуктивных пластов в открытом стволе нефтегазовых скважин // Нефтегазовое дело: науч. журн./УГНТУ. 2016. №1. С 40-45.

9 Копейкин И.С., Лягов А.В., Замараев А.Н. Пакер третьего поколения, применяемый в открытом стволе нефтегазовых скважин для проведения различных технологических операций // Экспозиция НефтьГаз: науч. журн. 2016. №5. С. 40-43.

References

1 Kompleks tekhnicheskikh sredstv dlya obespecheniya optimalnykh usloviy spuska i tsementirovaniya obsadnykh kolonn v gorizontalnyye skvazhiny s bolshoy dlinnoy gorizontalnogo uchastka/ A.K. Dudaladov. Vanifatyeva A.V.. Stykhar A.F.. Chemodurov I.N. //Bureniye i neft: elektron. zhurn. URL: <http://burneft.ru/archive/issues/2015-07-08/66> [in Russian].

2 Chast 3 stati 14 Federalnogo zakona «O kontraktной sisteme v sfere zakupok tovarov. rabot. uslug dlya obespecheniya gosudarstvennykh i munitsipalnykh nuzhd» ot 5 aprelya 2013 goda № 44-F3 [in Russian].

3 Katalog oborudovaniya dlya tsementazha kompanii «Halliburton» / URL: <http://www.halliburton.com/en-US/ps/cementing/casing-equipment/floating-equipment/default.page?node-id=hfqela4z> [in Russian].

4 Katalog oborudovaniya dlya tsementirovochnykh komplektov kompanii «ArtOsnastka» / URL: <http://art-osnastka.ru/catalog/universalnyy-tsementirovochnyy-komplekt/tip-700-i-modifikatsii/> [in Russian].

5 Kustarev D.A., Sigarev S.A. Luchshiyе praktiki OOO «RN-Uvatneftegaz» po spusku obsadnykh kolonn v glubokiye skvazhiny // Vestnik OAO "NK "Rosneft": nauch. zhurn. 2016. №1. S. 50-58. [in Russian].

6 Povalikhin A.S., Bliznyukov V.Yu. Osobennosti formirovaniya vnutriplastovykh neftepromyslovykh sistem na osnove tekhnologii gorizontalnogo bureniya // Vestnik OAO "NK "Rosneft": nauch. zhurn. 2016. №3. S. 63-67. [in Russian].

7 Il'skiy A.L. Raschet i konstruirovaniye burovogo oborudovaniya: Uchebnoye posobie dlya vuzov/ A.L. Il'skiy, Yu.V. Mironov, A.G. Chernobyil'skiy. -M.: Nedra, 1985.-420s. [in Russian].

8 Perspektivy primeneniya pogruzhnoy komponovki dlya selektivnogo ispyitaniya produktivnykh plastov v otkryitom stvole neftegazovykh skvazhin // Neftegazovoe delo: nauch. zhurn. 2016. #1. S 40-45. [in Russian].

9 Kopeykin I.S., Lyagov A.V., Zamaraev A.N. Paker tretogo pokoleniya, primenyaemyiy v otkryitom stvole neftegazovykh skvazhin dlya provedeniya razlichnykh tekhnologicheskikh operatsiy // Ekspozitsiya NeftGaz: nauch. zhurn. 2016. #5. S. 40-43. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Тихонов А.Е., магистрант гр. ММП 21-14-01 ФГБОУ ВО УГНТУ г. Уфа, Российская Федерация.

A.E. Tikhonov, Master student of MMP 21-14-01 Group of Chair «Technological machinery and equipment» FSBEI HE USPTU Ufa, the Russian Federation.

Копейкин И.С., аспирант гр. А1554 ФГБОУ ВО УГНТУ г. Уфа,
Российская Федерация.

I.S. Kopeikin, Post-graduate student of A1554 Group of Chair
«Technological machinery and equipment» FSBEI HE USPTU, Ufa,
the Russian Federation.

e-mail: Ilya.kopeikyn@gmail.com

Булюкова Ф.З., канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологические
машины и оборудование» ФГБОУ ВО УГНТУ г. Уфа, Российская
Федерация.

F.Z. Bulyukova, Candidate of Engineering Sciences, Docent of Chair
«Technological Machinery and Equipment» FSBEI HE USPTU Ufa,
the Russian Federation.