

DOI: 10.17122/ntj-oil-2020-1-30-37

УДК 622.245

Ф.А. Агзамов, Марти Мартинес Хосе Алехандро (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

ЗАКАНЧИВАНИЕ И КРЕПЛЕНИЕ МНОГОСТВОЛЬНЫХ СКВАЖИН С БОЛЬШИМИ ОТХОДАМИ ОТ ВЕРТИКАЛИ

Farit A. Agzamov, Martí Martínez Jose Alejandro (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

COMPLETION AND CASING OF MULTILATERAL WELLS WITH GREATER HORIZONTAL DEVIATIONS

Введение

Рассмотрена программа заканчивания и крепления многоствольных скважин с большими отходами от вертикали на месторождениях Кубы.

В настоящее время на Кубе имеется опыт бурения и заканчивания нескольких многоствольных скважин с большими отходами от вертикали, большинство из которых были разработаны и реализованы на месторождении Варадеро-Запад. При этом для заканчивания этих скважин использовался уровень 1 по международной системе TAML, предполагающий бурение нескольких стволов без их крепления обсадными колоннами.

Цели и задачи

Разработать конструкцию многоствольной скважины с большим отходом от вертикали.

Результаты

В данной работе предложена программа заканчивания многоствольной скважины третьего уровня с модификациями с учетом горно-геологических условий. При этом рассмотрены результаты решения основных задач, включающих проектирование

Background

A program for completing and fixing multilateral wells with large waste from the vertical at the Cuban fields was considered.

Cuba currently has experience in drilling and completing several multilateral wells with large offsets from the vertical, most of which were developed and implemented at the Varadero-Zapad field. At the same time, for completion of these wells, level 1 was used according to the international TAML system, which involves drilling several wells without their attachment with casing strings.

Aims and Objectives

To develop the design of a multilateral well with a large departure from the vertical.

Results

In this paper, we propose a program for completing a multilateral multilayer well of the third level with modifications taking into account mining and geological conditions. At the same time, the results of solving the main problems are considered, including designing the design

конструкции многоствольной скважины, расчет обсадных колонн, разработку программы спуска и цементирования эксплуатационного хвостовика для последующего многоствольного заканчивания нецементируемыми хвостовиками.

Обоснована технология (оборудование) для соединения между собой хвостовиков, размещаемых в различных стволах скважины в продуктивном пласте. Также проведена оценка возможности спуска и цементирования обсадных колонн с помощью технологии избирательной плавучести.

Для проекта рассмотрен трехмерный профиль, с целью недопущения столкновений с соседними скважинами азимут подвержен колебаниям.

С учетом характеристик геологических формаций и классической методологии для расчета требуемых диаметров обсадных колонн и долот предложена конструкция скважины.

of a multilateral well, designing casing strings, developing a program for launching and cementing the production liner for subsequent multilateral completion with non-cementing liners.

The technology (equipment) for the connection between the shanks located in various boreholes in the reservoir is substantiated. We also evaluated the possibility of launching and cementing casing strings using selective buoyancy technology.

For the project, a three-dimensional profile was considered, in order to prevent collisions with neighboring wells, the azimuth is subject to fluctuations.

Based on the characteristics of geological formations and calculating the required diameters of casing strings and bits the classical methodology, a well design is proposed.

Ключевые слова: многоствольные скважины; заканчивание и крепление; избирательная плавучесть; ступенчатое цементирование

Key words: multilaterals wells; running and cementing casing; selective buoyancy technology; two-stage cementing

Введение

В настоящее время на Кубе имеется опыт бурения и заканчивания нескольких многоствольных скважин с большими отходами от вертикали, большинство из которых были разработаны и реализованы на месторождении Варадеро-Запад.

При этом для заканчивания этих скважин использовался уровень 1 по международной системе TAML [1], предполагающий бурение нескольких стволов без их крепления обсадными колоннами.

В то же время на многих месторождениях Латинской Америки и других регионов широко применяется заканчивание скважин более высокого уровня, обеспечивающих необходимый доступ к основной и боковой скважинам после заканчивания. Технология

бурения и заканчивания многоствольных скважин дает возможность значительно поднять добычу на нефтяных месторождениях Варадеро-Запад и Себоручо, увеличивая зону фильтрации через несколько боковых стволов и исключая необходимость бурения новых скважин.

Несмотря на то, что на месторождении Варадеро-Запад в многоствольных скважинах были получены хорошие результаты, возник ряд трудностей и недостатков при заканчивании с уровнем 1.

Основная часть

Перед проектированием новой скважины были проанализированы использованные ранее конструкции, которые не принесли успеха из-за нестабильности ствола.

Бурение верхних неустойчивых участков скважины проектируемой конструкции рекомендуется вести с минимально возможным диаметром долота, а для крепления этих участков предложено использование обсадных труб российских и зарубежных производителей [2-4]. При этом необходимо было учитывать то, что длина колонны, находящейся в открытом стволе, не должна превышать 2500 м. В интервале продуктивного пласта предложено использование одного хво-

стовика - фильтра для основного ствола и одного для бокового ствола диаметром 114,3 мм.

Предложенная конструкция скважины, выполненная с учетом характеристик геологического разреза, использованием классической методологии расчета необходимых диаметров обсадных колонн (ОК) и долот, нормативных документов и предыдущего опыта бурения скважин с большими отходами [5-9], представлена в таблице 1 и рисунке 1.

Таблица 1. Проектная конструкция скважины

№	Наименование ОК	Глубина спуска ОК, м	Диаметр ОК, мм	Диаметр долота, мм
1	Направление	300	558,4	660,4
2	Кондуктор	1700	426,0	508,0
3	Промежуточная колонна 1	3820	323,85	393,7
4	Промежуточная колонна 2	5720	244,5	295,27
5	Эксплуатационная колонна - хвостовик	6720	177,8	215,9
6-1	Хвостовик - фильтр	6670-8347	114,3	155,6
6-2	Хвостовик - фильтр	6720-9003	114,3	155,6

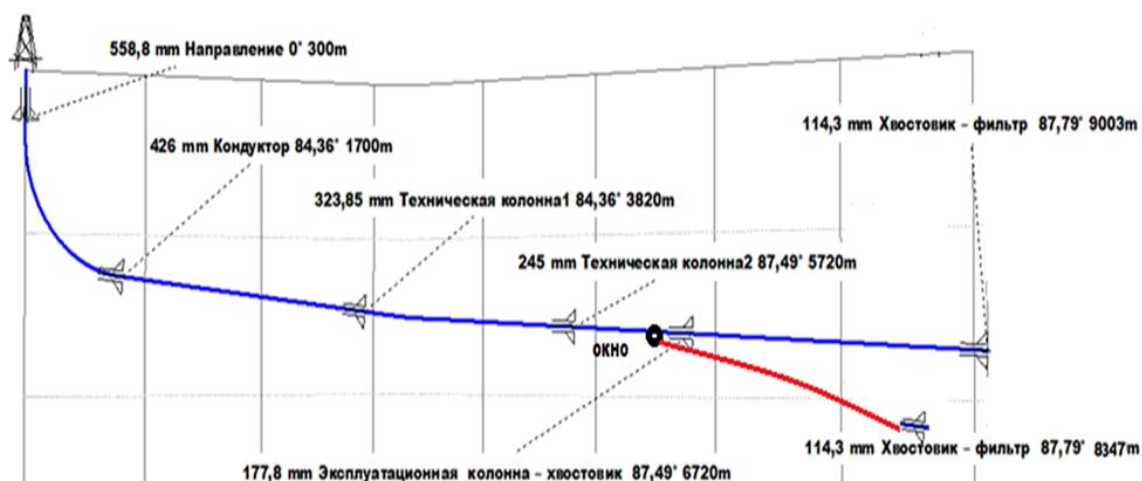


Рисунок 1. Проектная конструкция и профиль скважины

Поскольку планировался большой отход от вертикали, на первом этапе был обоснован и спроектирован сложный трехмерный профиль многозабойной скважины с большими отходами, исключая пересечение с соседними скважинами. Общие длины основного и бокового стволов от устья составляют 8347 и 9003 м, которые предлагается закрепить нецементируемыми хвостовиками, обеспечивающими доступ в каждый пробуренный ствол.

Улучшенное сочленение с основным стволом обеспечивается за счет использования разбухающих пакеров без необходимости цементирования.

Из анализа рисунка 1 видно, что профиль скважины имеет протяженный пологий и горизонтальный участки ствола, представляющие серьезную проблему при спуске обсадных колонн до запланированной глубины из-за больших сил трения [10, 11]. Наибольший риск в данном проекте представляет промежуточная обсадная колонна диаметром 244,5 мм, спускаемая в скважину диаметром 295,27 мм при наклоне ствола 87,5°. Именно эти факторы в сочетании с большим весом колонны обуславливают большую вероятность ее прихвата в открытой части ствола.

Обеспечение успешного спуска второй технической колонны значительно облегчит реализацию проекта, поскольку последующий спуск эксплуатационной колонны и заканчивание многоствольной скважины третьего уровня будет проще.

Одним из решений, обеспечивающих нормальный спуск обсадной колонны, является использование эффекта плавучести обсадных труб (избирательной плавучести), которая сегодня является опробованной и доказанной технологией в отрасли для спуска обсадных колонн в скважины с большим углом отклонения. Основная идея этого метода заключается в облегчении нижней части колонны, находящейся в интервале открытого ствола скважины, имеющего большие углы наклона (80-90°) и большие отходы от вертикали, а также в приложении дополнительного веса на вертикальном участке обсадных колонн.

Облегчение достигается частичным опорожнением нижней части обсадной колонны во время спуска за счет исключения ее заполнения через направляющий башмак и обратный клапан и недолива с устья. При этом незаполненной остается только секция, размещаемая в горизонтальном участке, а верхние секции должны заполняться буровым раствором для утяжеления колонны и создания дополнительной силы для обеспечения «проталкивания» колонны на забой. При этом в секции колонны, размещаемой в вертикальном интервале (1100 м), предполагается использование более тяжелых обсадных труб для увеличения веса на крюке во время спуска колонны.

Результаты расчетов показали, что при спуске второй промежуточной колонны использование эффекта плавучести для ее спуска позволяет уменьшить трение обсадной колонны о стенки скважины на 70-85 %.

Согласно проведенному моделированию, на глубине 3720 м необходимо установить флотационную (уплотнительную) муфту, исключающую преждевременное попадание бурового раствора в нижнюю секцию обсадной колонны.

Поскольку имеется опасность гидро-разрыва пород и поглощения цементного раствора вследствие его высокой плотности и большой высоты подъема, предлагается двухступенчатое цементирование с установкой муфты ступенчатого цементирования на глубине 3620 м. Для этого предложен гидравлический инструмент TYPE 680 компании «TOP-CO», на работу которого не влияет наклон скважины, так как циркуляционные окна открываются от гидравлического давления, что исключает необходимость использования открывающейся пробки [12].

В качестве примера рассмотрим порядок спуска второй технической колонны (D = 244,48 мм), имеющей следующую компоновку (снизу вверх):

- башмак Shelfoil 244,48 - на глубине 6720 м;
- 1 обсадная труба 244,48 мм L-80 HC TMK UP™ FJ;
- клапан обратный Shelfoil 244,48;
- короткий переводник 244,48 мм L-80 HC TMK UP™ FJ;

- обсадные трубы 244,48 мм L-80 НС ТМК UP™ FJ;
- уплотнительная муфта Shelfoil 244,48 мм L-80 НС ТМК UP™ FJ - на глубине 3720 м;
- обсадные трубы 244,48 мм L-80 НС ТМК UP™ FJ - всего 100 м;
- инструмент (муфта) ступенчатого цементирования 244,48 мм L-80 TOP-CO TYPE 680 - на глубине 3620 м;
- обсадные трубы 244,48 мм L-80 НС ТМК UP™ FJ - всего 2520 м;
- обсадные трубы 244,48 мм L-80 ТМК UP™ FJ - всего 1100 м.

Компоновка обсадной колонны приведена на рисунке 2.

Скважина VFN-752 должна быть пробурена с двумя стволами. Материнский ствол скважины будет состоять из обсадной колонны 177,80 x 8,05 мм L80, спущенной на глубину 6720 м.

Боковой ствол VFN-752A будет пробурен через ориентированное окно с помощью отклонителя на глубине 6570 м в эксплуатационной колонне материнской скважины до глубины 8347 м.

Хвостовик диаметром 114,3 мм, установленный в боковой ствол VFN-752A, будет иметь щелевидные отверстия для того, чтобы обеспечить добычу пластового флюида.

На хвостовике устанавливается комплект затрубных пакеров для того, чтобы изолировать отдельные участки продуктивного пласта, обеспечить возможность проведения ремонтных работ и удерживать хвостовик на месте.

Соединительный узел оснащается активированным водой резиновым набухающим материалом для обеспечения «пассивного уплотнения» между окном и хвостовиком. Соединительный узел или улучшенное сочленение фрезеруется для образования «полугерметичного» элемента, не выходящего внутрь материнского ствола. Боковой ствол VFN-752B будет начат бурением в нижней части эксплуатационной колонны материнского ствола на глубине 6670 м и пробурен до глубины 9003 м. Хвостовик, установленный в боковой ствол VFN-752B, состоит из обсадных труб $D = 114,3$ мм с щелевидными отверстиями, и также будет иметь комплект затрубных пакеров. Хвостовик подвешивается в эксплуатационной колонне на глубине 6620 м. При этом будет обеспечен доступ к боковому стволу VFN-752B и расположенному в нем хвостовику.

Схема скважины с предлагаемым уровнем 3 приведена на рисунке 3.

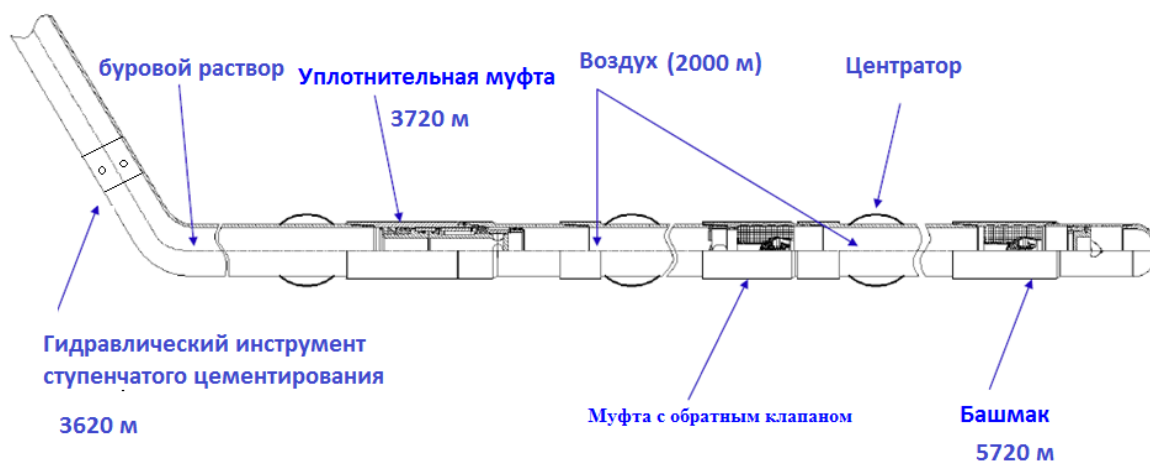


Рисунок 2. Схема компоновки обсадной колонны для спуска с использованием эффекта плавучести

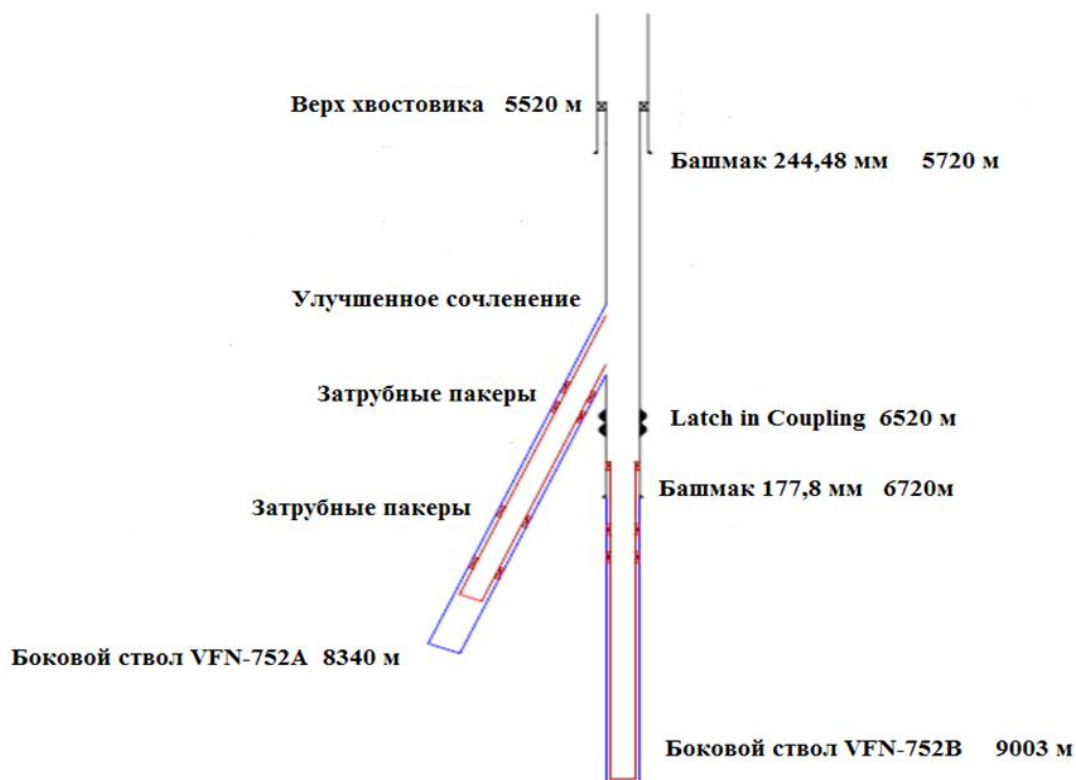


Рисунок 3. Схема скважины после спуска хвостовика 114,3 мм в боковой ствол VFN-752B

Выводы

Обоснована и спроектирована конструкция многоствольной скважины с большим отходом от вертикали.

Обоснован, разработан и рассчитан трехмерный профиль, исключая ее пересечение с соседними скважинами.

Разработана технология спуска второй технической колонны (244,5 мм) с использованием эффекта избирательной плавучести, обеспечивающая ее успешный спуск в сква-

жину, за счет минимизации сил трения колонны о стенки скважины и исключения проблем, связанных с недохождением колонн до проектной глубины, возникающих при использовании традиционной технологии спуска.

Обоснована и разработана программа заканчивания многоствольной скважины третьего уровня с модификациями, обеспечивающая максимальную возможность для эксплуатации и проведения ремонтных работ.

Список литературы

1. Hill D., Zhu D., Economides M.J., *Multilateral Wells*. Houston: Society of Petroleum Engineers, 2008. 191 p.

References

1. Hill D., Zhu D., Economides M.J. *Multilateral Wells*. Houston, Society of Petroleum Engineers, 2008. 191 p.

2. ГОСТ 632-80 Трубы обсадные и муфты к ним. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2010. 52 с.
3. Трубы обсадные. Руководство по эксплуатации. Самара: ВНИИТнефть, 2010. 58 с.
4. Инструкция по расчету обсадных колонн нефтяных и газовых скважин. М.: ВНИИТнефть, 1997. 194 с.
5. Акбулатов Т.О., Левинсон Л.М., Салихов Р.Г., Янгиров Ф.Н. Расчеты при бурении наклонных и горизонтальных скважин. СПб.: Недра, 2005. 115 с.
6. Агзамов Ф.А., Акбулатов Т.О. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. Тюмень: ТИУ, 2014. 560 с.
7. Калинин А.Г., Никитин Б.А., Солодкий К.М., Султанов Б.З. Бурение наклонных и горизонтальных скважин. М.: Недра, 1997. 649 с.
8. Валитов Р.А. Разработка технологического обеспечения бурения горизонтальных скважин со сверхдальними отходами: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2004. 150 с.
9. Хаслам С. Новые рекорды бурения и многоствольного закачивания в Западной Сибири. Часть 2 // *ROGTEC*. 25.08.2016. URL: <https://rogtecmagazine.com/новые-рекорды-бурения-и-многоствольн-2/?lang=ru> (дата обращения: 15.10.2019).
10. Ремизов С.Н., Гриджук П.И. Спуск 244,5-мм технических колонн в наклонно-направленных скважинах с большими отходами // *Бурение*. 2001. № 5. С. 27-28.
11. Туктаров Д.Х., Корчагин П.Н., Глебов Е.В. Спуск обсадных колонн в скважины с большими отходами от вертикали. Проблемы и решения // *Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса*. 2010. № 6. С. 42-44.
12. TYPE 680 - Hydraulic Stage Collar // *TOP-CO*. - 2019. URL: <http://www.rubicon-oilfield.com> (дата обращения: 16.10.2019).
2. *GOST 632-80. Truby obsadnye i mufty k nim. Tekhnicheskie usloviya* [State Standard 632-80 Casing Pipes and Couplings for them. Specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 52 p. [in Russian].
3. *Truby obsadnye. Rukovodstvo po ekspluatatsii* [The Casing Pipe. User Manual]. Samara, VNIITneft' Publ., 2010. 58 p. [in Russian].
4. *Instruktsiya po raschetu obsadnykh kolonn neftyanykh i gazovykh skvazhin* [Instructions for Calculating Casing Strings for Oil and Gas Wells]. Moscow, VNIITneft' Publ., 1997. 194 p. [in Russian].
5. Akbulatov T.O., Levinson L.M., Salikhov R.G., Yangirov F.N. *Raschety pri burenii naklonnykh i gorizonta'nykh skvazhin* [Calculations for Drilling Inclined and Horizontal Wells]. Saint-Petersburg, Nedra Publ., 2005. 115 p. [in Russian].
6. Agzamov F.A., Akbulatov T.O. *Tekhnologiya burenija neftyanykh i gazovykh skvazhin* [Oil and Gas Well Drilling Technology]. Tyumen, TIU Publ., 2014. 560 p. [in Russian].
7. Kalinin A.G., Nikitin B.A., Solodkii K.M., Sultanov B.Z. *Burenie naklonnykh i gorizonta'nykh skvazhin* [Drilling of Inclined and Horizontal Wells]. Moscow, Nedra Publ., 1997. 649 p. [in Russian].
8. Valitov R.A. *Razrabotka tekhnologicheskogo obespecheniya burenija gorizonta'nykh skvazhin so sverkhdal'nimi otkhodami: dis. kand. tekhn. nauk* [Development of Technological Support for Drilling Horizontal Wells with Ultra-Long-Distance Waste: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, 2004. 150 p. [in Russian].
9. Khaslam S. *Novye rekordy burenija i mnogostvol'nogo zakachivaniya v Zapadnoi Sibiri, Chast' 2* [New Drilling and Multi-Barrel Injection Records in Western Siberia, Part 2]. *ROGTEC*. 25.08.2016. Available at: <https://rogtecmagazine.com/novye-rekordy-burenija-i-mnogostvol'n-2/?lang=ru> (accessed 15.10.2019). [in Russian].
10. Remizov S.N., Gridzhuk P.I. *Spusk 244,5-mm tekhnicheskikh kolonn v naklonno-napravlennykh skvazhinakh s bol'shimi otkhodami* [Descent of 244.5 mm Technical Columns in Directional Wells with Large Waste]. *Burenie - Drilling*, 2001, No. 5, pp. 27-28 [in Russian].
11. Tuktarov D.Kh., Korchagin P. N., Glebov E. V. *Spusk obsadnykh kolonn v skvazhiny s bol'shimi otkhodami ot vertikali. Problemy i resheniya* [Problems and their Salvation in Connection with Lowering of Pipe Casing Strings into Extended Reach Wells]. *Oborudovanie i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa - Equipment and Technologies for Oil and Gas Complex*, 2010, No. 6, pp. 42-44. [in Russian].
12. TYPE 680 - Hydraulic Stage Collar. *TOP-CO*. - 2019. Available at: <http://www.rubicon-oilfield.com> (accessed 16.10.2019).

Авторы

• Агзамов Фарит Акрамович, д-р техн. наук,
профессор
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Профессор кафедры «Бурение нефтяных
и газовых скважин»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: faritag@yandex.ru

• Марти Мартинес Хосе Алехандро
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Магистрант кафедры «Бурение нефтяных
и газовых скважин»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: 420934@mail.ru

The Authors

• Agzamov Farit A., Doctor of Engineering Sciences,
Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Professor of Oil and Gas Well Drilling Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: faritag@yandex.ru

• Martí Martínez Jose Alejandro
Ufa State Petroleum Technological University
Undergraduate Student of Oil and Gas Well Drilling
Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: 420934@mail.ru