ПРИМЕНЕНИЕ СТАЛЬНЫХ И ЛЕГКОСПЛАВНЫХ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ В СОСТАВЕ КОМБИНИРОВАННОЙ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ ПРИ БУРЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН БОЛЬШОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ

APPLYING OF STEEL AND LIGHTWEIGHT DRILL PIPES IN COMBINED DRILL STRING ASSEMBLY FOR DRILLING HIGH DEVIATED HORIZONTAL WELLS

Ф. Х. Мухаметов

Flus Kh. Mukhametov

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

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Л.М. Левинсон

Lev M. Levinson

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

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

В работе рассматривается проблема по созданию осевой нагрузки при бурении скважин с большой протяженностью горизонтального участка. Одним из наиболее перспективных способов решения указанной проблемы является применение стальных бурильных труб совместно с легкосплавными в составе компоновки бурильной колонны, которая позволяет уменьшить вес бурильной колонны и резко снизить силы трения при движении инструмента в горизонтальном стволе. Такая комбинированная компоновка имеет ряд преимуществ, так как нагрузка, созданная колонной стальных бурильных труб на наклонно-направленном участке, и меньшие потери нагрузки колонной легкосплавных бурильных труб на горизонтальном участке позволяют более эффективно довести и передать осевую нагрузку на долото. От того, в каком соотношении приняты длины стальных и легкосплавных бурильных труб в комбинированной колонне, будет зависеть то, насколько эффективно ведется передача нагрузки на долото. В результате проведенных исследований разработана методика расчета оптимального соотношения легкосплавных бурильных труб к стальным в составе комбинированной бурильной колонны с целью достижения оптимальных показателей по нагрузке на долото. Представлено подробное поэтапное выполнение методики расчета на примере профиля горизонтальной скважины. Приведены результаты расчетов, проведенных согласно предложенной методике на примере трех профилей, с различной протяженностью горизонтального участка. Предложенная методика расчета соотношения легкосплавных бурильных труб к стальным в составе комбинированной бурильной колонны позволяет увеличить эффективность при бурении скважин с большой протяженностью горизонтального участка и достичь оптимальных показателей передачи нагрузки на долото.

The paper considers the problem of creating axial load on bit while drilling the horizontal wells. One of the most promising ways to solve this problem is the use of steel drill pipes in conjunction with light-weight drill pipes in the drill string assembly which will reduce the weight of the drill string and reduce the frictional forces during drill string movement in a horizontal wellbore. Such a combined drill string assembly has several advantages, since the load created by the string of steel drill pipes in a deviated section of well and the smaller load losses by the string of light-weight drill pipes in the horizontal section makes it possible to more

Ключевые слова

скважина с большим
отходом по вертикали;
горизонтальная скважина;
комбинированная компоновка;
легкосплавные бурильные трубы;
нагрузка на долото; очистка
скважины от шлама;
эксцентриситет бурильной
колонны; сила трения;
баклинг эффект

Key words

high deviated well; horizontal well;
combined drill string assembly;
lightweight drillpipe; weight on bit;
borehole cleaning; drillstring
eccentricity; friction force;
buckling effect

effectively create and transfer the axial load to the bit. The ratio of the lengths of steel and light-weight drill pipes in the combined string assembly will determine efficiency of the creating load to the bit. As a result of the research, a method was developed for calculating the optimal ratio of light-weight drill pipes to steel drill pipes as part of a combined drill string assembly, in order to achieve optimal indicator for the load on the bit. A detailed phased implementation of the calculation method is presented using the example of a horizontal well profile. The results of calculations carried out according to the proposed method are presented on the example of three profiles, with different lengths of the horizontal section. The proposed method for calculating the ratio of alloy drill pipes to steel pipes as part of a combined drill string allows to increase the efficiency when drilling wells with a long horizontal section and to achieve optimal performance of the load on the bit.

В последние годы возрастает количество скважин с большими отходами и горизонтальными участками. При бурении горизонтальных участков, когда стальная бурильная колонна лежит на нижней стенке скважины, а замки препятствуют прохождению шлама и скребут стенку, очень сложно создать необходимую нагрузку на долото и определить ее по индикатору веса [1]. Одной из основных задач при бурении скважин, особенно с горизонтальным участком ствола, является снижение значительной силы трения и обеспечение доведения необходимой нагрузки на долото [2].

Применение комбинированных бурильных колонн с использованием легкосплавных труб на горизонтальных участках является одним из наиболее перспективных путей решения проблемы с передачей нагрузки на долото при бурении скважин с горизонтальными участками [3]. Изготовленные из специальных лёгких, высокопрочных, коррозионно-стойких алюминиевых сплавов бурильные трубы обладают рядом ценных физико-механических свойств, открывающих дополнительные возможности при бурении глубоких, горизонтальных скважин, боковых стволов и скважин малого диаметра. К основным преимуществам легкосплавных бурильных труб (ЛБТ) относятся: низкий удельный вес, высокая удельная прочность, высокое облегчение в буровом растворе, высокие виброгасящие свойства, коррозионная стойкость в агрессивных средах (сплав 1953Т1), немагнитные свойства, лёгкая разбуриваемость, облегченная вписываемость труб в сильно искривленные участки ствола и т.д. Данные свойства труб из алюминиевых сплавов определяют эффективность применения ЛБТ в составе бурильной колонны при строительстве скважин [4].

В Уфимском государственном нефтяном техническом университете (УГНТУ) со-

вместно с Уфимским государственным авиационным техническим университетом (УГАТУ) ведутся работы по созданию материала на основе алюминиевых сплавов повышенной прочности [5]. Также на кафедре бурения УГНТУ разработана методика бурения горизонтальных участков большой протяженности с помощью комбинированной бурильной колонны. В настоящее время в процессе бурения горизонтальных скважин применяются различные технологии, в зависимости от условий бурения и выполнения различных задач составляются соответствующие компоновки. Одним из вариантов оптимизации процесса бурения скважин с большими отходами по горизонтали является применение стальных бурильных труб (СБТ) совместно с легкосплавными в составе компоновки бурильной колонны. Такая комбинированная компоновка имеет ряд преимуществ, так как нагрузка, созданная колонной СБТ на наклонно-направленном участке, и меньшие потери нагрузки колонной ЛБТ на горизонтальном участке позволяют более эффективно довести и передать нагрузку на долото. От того, в каком соотношении приняты длины ЛБТ и СБТ в комбинированной колонне (рисунок 1), будет зависеть то, насколько эффективно ведется передача нагрузки на долото и какой протяженности горизонтальный участок можно получить в итоге. Комбинированная компоновка имеет практический опыт применения [6, 7], однако каких-либо расчетов и рекомендаций по тому, какое количество легкосплавных и стальных труб применить в составе компоновки для строительства определенной скважины с целью достижения максимально возможной эффективности, не нашлось.

С целью достижения максимальной эффективности при бурении скважин с большой протяженностью горизонтального участка мы

Рисунок 1. Комбинированная буровая колонна

предлагаем методику расчета оптимального соотношения ЛБТ к СБТ в составе комбинированной колонны на примере скважины, профиль которой представлен на рисунке 2. Профиль скважины состоит из вертикального

участка — 100 м, наклонно-направленного — 1400 м, глубина по вертикали — 1010 м, отход по кровле пласта — 800 м, горизонтального участка большой протяженности [8].

Рисунок 2. Профиль скважины

Расчет выполняется в три этапа. На первом этапе проводится расчет максимально возможной протяженности горизонтального участка для двух компоновок (полностью СБТ и полностью ЛБТ) при заданном профиле скважины. Графики зависимости веса на крюке от протяженности скважины для компоновки СБТ и ЛБТ представлены на рисунке 3. Поведение графиков (на вертикальном участке и участке набора зенитного угла вес на крюке увеличивается, при больших зенитных углах вес на крюке постепенно уменьша-

ется) и максимально возможная протяженность одинаковы (3700 м); предельный вес на крюке, создаваемый колонной СБТ, (~ 24 т), примерно вдвое больше, чем у колонны ЛБТ (~ 12 т).

На втором этапе, исходя из графиков (рисунок 3), составляется комбинированная компоновка (таблица 1), состоящая из 3700 м ЛБТ — 103, 1480 м СБТ — 89 и 20 м КНБК.

Далее проводится расчет максимально возможной протяженности скважины для составленной компоновки, в нашем случае 6200 м.

Рисунок 3. Вес на крюке при спуске для компоновки СБТ и ЛБТ соответственно

На графике $G=f(L)$ (рисунок 4) видно, что при спуске комбинированной колонны ЛБТ ведет себя так же, как и ЛБТ на графике (рисунок 3) в тот момент, когда вес на крюке достигает минимального значения; начинается спуск СБТ, при этом вес на крюке начинает увеличиваться и на участке с большими зенитными углами стремительно уменьшается. Также из графика видно, что комбинированная компоновка позволяет увеличить протяженность скважины на $\sim 40\%$ (с 3700 до 6200 м), при этом протяженность горизонтального участка увеличивается на $\sim 60\%$ (с 1700 до 4200 м).

Диапазон длин ЛБТ в комбинированной компоновке 2000–3700 является рациональным, так как при меньшей длине ЛБТ в компоновке конечное значение веса на крюке ниже 6 т, а при большей длине ЛБТ в компоновке значение веса на крюке в точке перегиба также ниже 6 т.

Таблица 1. Конструкция бурильной колонны

Интервал, м Технологическая операция	Тип секции	Наружный диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Группа прочности	Длина, м	Масса, т		
							1 м трубы	секции	нарастающая
1500-6200 Бурение	Долото	155,6	—	—	—	0,2	—	0,012	0,012
	Двигатель	120,6	—	—	—	7,4	—	0,068	0,080
	Телесистема	114,0	49,0	—	—	12,4	—	0,200	0,280
	ЛБТ	103,0	85,0	9,0	Д16Т	3700	0,0092	34,040	34,320
	СБТ	89,0	71,0	9,0	Д	до устья	0,0197	25,300	59,620

Как правило, профиль скважины и длина горизонтального участка заданы изначально, поэтому на третьем этапе будет проводиться расчет оптимального соотношения ЛБТ к СБТ в составе комбинированной компоновки для скважины протяженностью 5000 м (горизонтальный участок 3500 м). С целью охарактеризовать эффективность передачи нагрузки на долото принята работа (A), выполняемая бурильной колонной, численно равная площади под графиком $G=f(L)$. На графике (рисунок 5) представлена зависимость работы (A) от длины ЛБТ:

$$A = S_{\text{криволинейной трапеции}} = \int_0^L G \cdot f(L) \cdot dL$$

Далее сопоставляются график зависимости веса на крюке от протяженности скважины и график зависимости работы от длины ЛБТ в компоновке.

Рисунок 4. Вес на крюке при спуске для комбинированной компоновки

Рисунок 5. Зависимость работы (А) от длины ЛБТ в компоновке

Рисунок 6. Сопоставление графиков зависимости веса на крюке для различных длин ЛБТ

а) 2000 м; б) 2450 м; в) 3000 м; г) 3700 м

Рисунок 7. Сопоставление графиков зависимости веса на крюке от протяженности скважины и графиков зависимости работы от длины ЛБТ

Из графика (рисунок 5) видно, что работа (площадь под графиком $G=f(L)$) зависит от длины ЛБТ. При увеличении длины ЛБТ площадь под графиком постепенно уменьшается. Применение ЛБТ в диапазоне 2000–2500 м позволяет увеличить эффективность передачи нагрузки на долото на 20–24 %. Из графиков, представленных на рисунке 6, видно, что за

счет оптимально подобранной компоновки можно увеличить минимальное значение веса на крюке более чем на 25 %. Также видно, что работа (A) и вес на крюке (рисунок 7) имеют высокие значения в том случае, когда точка перегиба и конечная величина веса на крюке находятся приблизительно на одном уровне (9 т). Из этих двух условий следует,

что оптимальный диапазон длины ЛБТ в компоновке 2400–2500 м. Максимально возможная эффективность достигается при длине ЛБТ 2450 м. Таким образом, оптимальная комбинированная компоновка (рисунок 7, б) включает: КНБК — 20 м; ЛБТ — 2450 м; СБТ — 2530 м.

Следовательно, оптимальное соотношение длины легкосплавных бурильных труб к стальным для скважины протяженностью 5000 м (протяженностью горизонтального участка 3500 м) будет равно $2450/2530=0,97$, т.е. примерно 1 : 1.

Экспериментальная часть

1) Расчет оптимального соотношения ЛБТ к СБТ для профиля скважины без участка стабилизации протяженностью вертикального и наклонно-направленного участка 1500 м

На рисунке 8 представлен профиль скважины. В таблице 2 показаны исходные данные

и результаты расчетов, проведенных согласно разработанной методике.

2) Расчет оптимального соотношения ЛБТ к СБТ для профиля скважины с участком стабилизации протяженностью вертикального и наклонно-направленного участка 1500 м

На рисунке 9 представлен профиль скважины. В таблице 3 показаны исходные данные и результаты расчетов, проведенных согласно разработанной методике.

3) Расчет оптимального соотношения ЛБТ к СБТ для профиля скважины без участка стабилизации протяженностью вертикального и наклонно-направленного участка 1000 м

На рисунке 10 представлен профиль скважины. В таблице 4 показаны исходные данные и результаты расчетов, проведенных согласно разработанной методике.

Рисунок 8. Профиль скважины без участка стабилизации протяженностью вертикального и наклонно-направленного участка 1500 м

Таблица 2. Рассчитанная оптимальная компоновка для скважин различной протяженности

Протяжен- ность сква- жины	Протяжен- ность горизон- тального участка (ГУ)	Доля ГУ от длины скважины	Оптимальная компоновка (рассчитанная)					Вычисления				
			КНБК	ЛБТ	СБТ	ЛБТ/ СБТ	Gmin	ЛБТ/ скв.	ЛБТ/ ГУ	СБТ/ скв.	СБТ/ ГУ	ВУ/ скв.
4000	2500	0,63	20	1450	2530	0,57	11,2	0,36	0,58	0,63	1,01	0,025
4500	3000	0,67	20	1950	2530	0,77	10,0	0,43	0,65	0,56	0,84	0,022
5000	3500	0,70	20	2450	2530	0,97	8,8	0,49	0,70	0,51	0,72	0,020
5500	4000	0,73	20	2950	2530	1,17	7,6	0,54	0,74	0,46	0,63	0,018
6000	4500	0,75	20	3450	2530	1,36	6,4	0,58	0,77	0,42	0,56	0,017
6200	4700	0,76	20	3650	2530	1,44	6,0	0,59	0,78	0,41	0,54	0,016
6500	5000	0,77	20	3950	2530	1,56	5,0	0,61	0,79	0,39	0,51	0,015
7000	5500	0,79	20	4450	2530	1,76	4,0	0,64	0,81	0,36	0,46	0,014

Рисунок 9. Профиль скважины с участком стабилизации протяженностью вертикального и наклонно-направленного участка 1500 м

Таблица 3. Рассчитанная оптимальная компоновка для скважин различной протяженности

Протяжен- ность скважины	Протяженность горизонтально- го участка (ГУ)	Доля ГУ от длины скважины	Оптимальная компоновка (рассчитанная)					Вычисления				
			КНБК	ЛБТ	СБТ	ЛБТ/ СБТ	Gmin	ЛБТ/ скв.	ЛБТ/ ГУ	СБТ/ скв.	СБТ/ ГУ	ВУ/ скв.
3500	2000	0,57	20	1150	2330	0,49	10,7	0,33	0,58	0,67	1,17	0,029
4000	2500	0,63	20	1650	2330	0,71	9,5	0,41	0,66	0,58	0,93	0,025
4500	3000	0,67	20	2150	2330	0,92	8,3	0,48	0,72	0,52	0,78	0,022
5000	3500	0,70	20	2650	2330	1,14	7,2	0,53	0,76	0,47	0,67	0,020
5500	4000	0,73	20	3150	2330	1,35	6,0	0,57	0,79	0,42	0,58	0,018
5800	4300	0,74	20	3450	2330	1,48	5,0	0,59	0,80	0,40	0,54	0,017
6000	4500	0,75	20	3650	2330	1,57	4,5	0,61	0,81	0,39	0,52	0,017
6500	5000	0,77	20	4150	2330	1,78	3,5	0,64	0,83	0,36	0,47	0,015

Анализ полученных данных

Согласно предложенной методике были проведены расчеты оптимальной комбинированной компоновки для трех профилей скважин с различной протяженностью горизонтального участка (рисунки 8–10). По результатам расчетов (таблицы 2–4) можно сделать следующие выводы:

— с увеличением протяженности скважины прямолинейно возрастает длина ЛБТ в компоновке;

— длина СБТ в рассчитанной оптимальной компоновке не изменяется, зависит от применяемого профиля скважины и превышает длину наклонно-направленного участка;

— с увеличением протяженности скважины возрастает соотношение ЛБТ к СБТ в составе оптимальной компоновки;

— для скважин с одинаковой протяженностью наклонно-направленного участка применение участка стабилизации позволяет уменьшить длину СБТ в комбинированной компоновке приблизительно на 8 %, однако протяженность горизонтального участка для скважины без участка стабилизации больше на 12 %, так как такой профиль имеет ~ 0,5 т веса на крюке в запасе;

— максимальную протяженность горизонтального участка возможно получить с компоновкой, в которой длина ЛБТ составляет

Рисунок 10. Профиль скважины без участка стабилизации протяженностью вертикального и наклонно-направленного участка 1000 м

Таблица 4. Рассчитанная оптимальная компоновка для скважин различной протяженности

Протяжен- ность скважины	Протяжен- ность гори- зонтального участка (ГУ)	Доля ГУ от длины скважины	Оптимальная компоновка (рассчитанная)					Вычисления				
			КНБК	ЛБТ	СБТ	ЛБТ/ СБТ	Gmin	ЛБТ/ скв.	ЛБТ/ ГУ	СБТ/ скв.	СБТ/ ГУ	ВУ/ скв
1700	700	0,41	20	1680	0	—	—	0,99	—	0	0	0,059
2000	1000	0,50	20	780	1200	0,65	7,0	0,39	0,78	0,60	1,20	0,050
2500	1500	0,60	20	1280	1200	1,07	6,0	0,51	0,85	0,48	0,80	0,040
2900	1900	0,66	20	1680	1200	1,40	5,0	0,58	0,88	0,41	0,63	0,034
3000	2000	0,67	20	1780	1200	1,48	4,8	0,59	0,89	0,40	0,60	0,033
3500	2500	0,71	20	2280	1200	1,90	3,5	0,65	0,91	0,34	0,48	0,029

примерно 59 % от длины скважины, дальнейшее увеличение длины ЛБТ приводит к проблемам с передачей нагрузки на долото и ба-клинг-эффекту [9].

Вывод

Предложенная методика расчета соотношения легкосплавных буровых труб к

стальным в составе комбинированной буровой колонны позволяет увеличить эффективность при бурении скважин с большой протяженностью горизонтального участка и достичь оптимальных показателей передачи нагрузки на долото.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акбулатов Т.О., Левинсон Л.М., Салихов Р.Г., Янгиров Ф.Н. Расчеты при бурении наклонно-направленных и горизонтальных скважин. СПб.: Недра, 2005. 119 с.
2. Любимова С.В. Повышение эффективности бурения наклонно-направленных скважин с горизонтальными участками путём снижения прихватоопасности: дис. ... канд. техн. наук. Уфа: УГНТУ, 2012. 137 с.
3. Файн Г.М., Штамбург В.Ф., Данелянц С.М. Нефтяные трубы из легких сплавов. М.: Недра, 1990. 221 с.
4. Сапунжи В.В. Эффективность применения алюминиевых буровых труб при бурении скважин на

нефть и газ // Бурение и Нефть. 2012. № 6-7. С. 48-52. URL: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-06-07/12> (дата обращения: 10.11.2019).

5. Шакирова А.И., Назарова М.Н., Исмаков Р.А., Хафизов А.Р., Ценев Н.К. О перспективных направлениях совершенствования технологий изготовления алюминиевых буровых труб для работы в условиях Арктики // Материалы для технических устройств и конструкций, применяемых в Арктике: сб. тр. конф. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, 2015. С. 23.

6. Басович В.С., Буяновский И.Н., Сапунжи В.В. Перспективы применения легкосплавных буровых труб с наружным спиральным оребрением для бурения

горизонтальных скважин и боковых стволов // Бурение и нефть. 2014. № 5. С. 42–46. URL: <https://burneft.ru/archive/issues/2014-05/10> (дата обращения: 15.11.2019).

7. Басович В.С., Буяновский И.Н., Сапунжи В.В. Комбинированные бурильные колонны для проходки горизонтальных участков и боковых стволов малого диаметра с применением алюминиевых труб // Бурение и нефть. 2013. № 6. С. 61–64. URL: <https://burneft.ru/archive/issues/2013-06/16> (дата обращения: 16.11.2019).

8. Левинсон Л.М., Агзамов Ф.А., Конесев В.Г., Мухаметов Ф.Х. Технология бурения горизонтальных скважин. Уфа: Монография, 2019. 318 с.

9. Мухаметов Ф.Х., Левинсон Л.М. Методика расчета оптимального соотношения легкосплавных бурильных труб к стальным в составе комбинированной бурильной колонны // Новые технологии в бурении скважин и разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти и газа: матер. Всеросс. науч.-практ. конф. молодых ученых. Уфа: УГНТУ, 2017. С. 77–79.

REFERENCES

1. Akbulatov T.O., Levinson L.M., Salikhov R.G., Yangirov F.N. *Raschety pri burenii naklonno-napravlenykh i gorizontallykh skvazhin* [Calculations when Drilling Directional and Horizontal Wells]. Saint-Petersburg, Nedra Publ., 2005. 119 p. [in Russian].

2. Lyubimova S.V. *Povyshenie effektivnosti burenii naklonno-napravlenykh skvazhin s gorizontnymi uchastkami putem snizheniya prikhvatoopasnosti: dis. kand. tekhn. nauk* [Improving the Efficiency of Drilling Directional Wells with Horizontal Sections by Reducing Tack Hazard: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, UGNTU Publ., 2012. 137 p. [in Russian].

3. Fain G.M., Shtamburg V.F., Danelyants S.M. *Neftnyye truby iz legkikh splavov* [Light Alloy Oil Pipes]. Moscow, Nedra Publ., 1990. 221 p. [in Russian].

4. Sapunzhi V.V. *Effektivnost' primeneniya alyuminiyevykh buril'nykh trub pri burenii skvazhin na neft' i gaz* [Use Efficiency of Aluminum Drill Pipes During Oil and Gas Wells' Drilling]. *Burenie i neft' — Drilling and Oil*, 2012, No. 6-7, pp. 48–52. Available at: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-06-07/12> (accessed 10.11.2019). [in Russian].

5. Shakirova A.I., Nazarova M.N., Ismakov R.A., Khafizov A.R., Tsenev N.K. *O perspektivnykh naprav-*

leniyakh sovershenstvovaniya tekhnologii izgotovleniya alyuminiyevykh buril'nykh trub dlya raboty v usloviyakh Arktiki [On Promising Areas for Improving the Technology of Manufacturing Aluminum Drill Pipes for Working in the Arctic]. *Sbornik trudov konferentsii «Materialy dlya tekhnicheskikh ustroystv i konstruksii, primenyaemykh v Arktike»* [Proceedings of the Conference «Materials for Technical Devices and Structures Used in the Arctic»]. Moscow, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut aviatsionnykh materialov Publ., 2015, pp. 23. [in Russian].

6. Basovich V.S., Buyanovskii I.N., Sapunzhi V.V. *Perspektivy primeneniya legkosplavnykh buril'nykh trub s naruzhnym spiral'nym orebreniem dlya burenii gorizontallykh skvazhin i bokovykh stvolov* [Use Perspectives of Light-Alloy Drill Pipes with Outer Spiral Finning for Drilling of Horizontal Wells and Offshoots («Rat Holes»)]. *Burenie i Neft' — Drilling and Oil*, 2014, No. 5, pp. 42–46. Available at: <https://burneft.ru/archive/issues/2014-05/10> (accessed 15.11.2019). [in Russian].

7. Basovich V.S., Buyanovskii I.N., Sapunzhi V.V. *Kombinirovannye buril'nye kolonny dlya prokhodki gorizontallykh uchastkov i bokovykh stvolov malogo diametra s primeneniya alyuminiyevykh trub* [Combined Drilling Strings to Drill Horizontal Sections and Offshoots of Small Diameter with Using of Aluminum Pipes]. *Burenie i neft' — Drilling and Oil*, 2013, No. 6, pp. 61–64. Available at: <https://burneft.ru/archive/issues/2013-06/16> (accessed 16.11.2019). [in Russian].

8. Levinson L.M., Agzamov F.A., Konesev V.G., Mukhametov F.Kh. *Tekhnologiya burenii gorizontallykh skvazhin* [Horizontal Well Drilling Technology]. Ufa, Monografiya Publ., 2019. 318 p. [in Russian].

9. Mukhametov F.Kh., Levinson L.M. *Metodika rascheta optimal'nogo sootnosheniya legkosplavnykh buril'nykh trub k stal'nym v sostave kombinirovannoi buril'noi kolonny* [Method for Calculating the Optimal Ratio of Alloy Drill Pipes to Steel Pipes as Part of a Combined Drill String]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh «Novye tekhnologii v burenii skvazhin i razrabotke mestorozhdenii s trudnoizvlekaemyimi zapasami nefti i gaza»* [Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists «New Technologies in Well Drilling and Development of Fields with Hard-to-Recover Oil and Gas Reserves»]. Ufa, USPTU Publ., 2017, pp. 77–79. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS

Мухаметов Флюс Ханифович, аспирант, ассистент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Flus Kh. Mukhametov, Post-graduate Student, Assistant of Oil and Gas Well Drilling Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: flus664877@gmail.com

Левинсон Лев Михайлович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Lev M. Levinson, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of Oil and Gas Well Drilling Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: lev.levinson@mail.ru