УДК 622.245.12

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КОМПОНОВОК НИЗА БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОМ УЧАСТКЕ

ANALYSIS AND RESEARCH OF WORK OF CONFIGURATIONS OF THE BOTTOM BORING COLUMN ON THE HORIZONTAL SITE

Кейн Светлана Александровна
кандидат технических наук,
доцент, профессор,
Ухтинский государственный
технический университет
sakeyn@yandex.ru

Попов Артем Олегович
аспирант,
Ухтинский государственный
технический университет
artem.o.popov@mail.ru

Здрецов Данил Сергеевич
магистрант,
Ухтинский государственный
технический университет
zdretsov.danil@mail.ru

Keyn Svetlana Aleksandrovna
Candidate of technical sciences,
Associate professor, Professor,
Ukhta state technical university
sakeyn@yandex.ru

Popov Artem Olegovich
Graduate student,
Ukhta state technical university
artem.o.popov@mail.ru

Zdretsov Danil Sergeyevich
Undergraduate,
Ukhta state technical university
zdretsov.danil@mail.ru

Аннотация. В статье выполнен анализ работы компоновок низа бурильной колонны (КНБК) на горизонтальном участке при строительстве скважин на нефтяных месторождениях Тимано-Печорской провинции. Бурение осуществлялось КНБК, включающей винтовой забойный двигатель-отклонитель, который 70–90 % времени вращают ротором. Приведены расчеты зависимости интенсивности пространственного искривления скважины от количества, места установки и диаметров опорно-центрирующих устройств. Обоснованы оптимальные параметры КНБК для стабилизации зенитного угла 90 градусов.

Ключевые слова: компоновка низа бурильной колонны, винтовой забойный двигатель-отклонитель, место установки опорно-центрирующих устройств, стабилизация траектории на горизонтальном участке.

Annotation. In the article the analysis of bottom hole assembly (BHA) on the horizontal section while constructing wells at oil fields of the Timan-Pechora province. Drilling was conducted BHA including a downhole motor-diverter, which is 70–90 % of the time rotate the rotor. The calculations based on the intensity of the spatial curvature of the hole from the number, installation location and diameters of the reference-centering device. Proved optimal parameters of the BHA to stabilize the inclination angle is 90 degrees.

Keywords: bottom hole assembly, downhole motor-diverter, the location of the stabilizers, stabilization of the trajectory on the horizontal section.

В настоящее время для управления траекторией ствола большинства нефтяных и газовых скважин применяются компоновки низа бурильной колонны (КНБК), включающие винтовой забойный двигатель-отклонитель (ВЗДО) и различные виды телеметрических систем (ТС) для контроля за формированием ствола скважины в заданном направлении. Бурение горизонтальных участков производится КНБК, включающей забойный двигатель-отклонитель, телесистему и опорно-центрирующие устройства. Технология включает чередование двух способов вращения долота: часть участка бурится двигателем-отклонителем (слайдинг), затем эту же компоновку вращают ротором или верхним силовым приводом (ВСП).

Тем не менее, опыт строительства горизонтальных скважин [1, 2] показывает, что неизбежны отклонения фактической траектории от проектной. Нами была собрана и проанализирована промысловая информация по проводке горизонтальных стволов на месторождениях Тимано-Печорской провинции. Фактический материал представлен в таблице 1, а характерное поведение траектории на горизонтальном участке на рисунке 1.

Как видно из приведенных графиков и результатов, представленных в таблице 1, в процессе бурения горизонтального участка зенитный угол и азимут скважины имеют непостоянный характер, их величины больше или меньше проектных значений. Это приводит к необходимости корректировки ствола скважины как по зенитному углу, так и по азимуту.

Таблица 1 – Фактические данные при бурении горизонтальных участков

Месторождение, скважина	КНБК	Угол перекоса двигателя, град	Интервал бурения, м	Количество ОЦУ, шт. / Положение ОЦУ в КНБК	Максимальные отклонения по зенитному углу/ азимуту, град	Процент направленного бурения, %
Кыртаельское скважина №515	155,6 мм Дол. (0,23 м) + 121 мм ВЗД с корп. стаб. 146 мм (у. п. 1,5 град) (7,67 м) + 121 мм ОК (0,7 м) + 121 мм ТС (22,09 м)	1,5	3070–3098 (28)	1 / на корпусе ВЗД	+0,42 / –1,73	28
	155,6 мм Дол. (0,23 м) + 121 мм ВЗД с корп. стаб. 146 мм (у. п. 1,5 град) (7,67 м) + 121 мм ОК (0,7 м) + 136,5 мм стабилизатор (1,64 м) + 121 мм ТС (22,09 м)	1,5	3098–3375 (277)	2 / на корпусе ВЗД, за ВЗД	–1,31 / –1,98	11
	155,6 мм Дол. (0,23 м) + 121 мм ВЗД с корп. стаб. 146 мм (у. п. 1,22 град) (7,67 м) + 121 мм ОК (0,7 м) + 140,5 мм стабилизатор (1,64 м) + 121 мм ТС (22,09 м)	1,22	3375–3500 (125)	2 / на корпусе ВЗД, за ВЗД	–1,25 / +2,44	16
Кыртаельское скважина №505	155,6 мм Дол. (0,23 м) + 120 мм ВЗД (у. п. 1,25 град) с корп. стаб. 149 мм (7,44 м) + 120 мм ОК (0,83 м) + 149,2 мм стабилизатор (1,73 м) + 122 мм ТС (21,48 м)	1,25	3413–3558 (145)	2 / на корпусе ВЗД, за ВЗД	+4,63 / +3,15	17
Кыртаельское скважина №234	155,6 мм Дол. (0,21 м) + 120 мм ВЗД (у. п. 1,15 град) (8,17 м) + 121 мм ОК (0,38 м) + 121 мм ТС (21,77 м)	1,15	2786–2887 (101)	без ОЦУ	–2,93 / –3,58	37
	155,6 мм Дол. (0,21 м) + 120 мм ВЗД с корп. стаб 146 мм (у. п. 0,93 град) (8,17 м) + 121 мм ОК (0,38 м) + 121 мм ТС (21,77 м)	0,93	2887–2963 (76)	1 / на корпусе ВЗД	–1,01 / –3,1	16
Кыртаельское скважина №442	155,6 мм Дол. (0,2 м) + 120 мм ВЗД (у. п. 1,5 град) (7,64м) + 120 мм ОК (0,41 м) + 120 мм ТС (31,21 м)	1,5	2839–3128 (289)	без ОЦУ	+2,66 / +1,24	8
Ошское, скважина №706	152,4 мм Дол. (0,3 м) + 121 мм ВЗД с корп. стаб. 146,1 мм (у. п. 1,2 град) (9,41 м) + 121 мм ТС (19,81 м)	1,2	4036–4066 (30)	1 / на корпусе ВЗД	+1,6 / –2,32	0
	152,4 мм Дол. (0,3 м) + 121 мм ВЗД с корп. стаб. 145 мм (у. п. 1,2 град) (9,41 м) + 121 мм ТС (19,81 м)	1,2	4066–4169 (103)	1 / на корпусе ВЗД	+3,09 / –3,8	19
	152,4 мм Дол. (0,3 м) + 121 мм ВЗД с корп. стаб. 146,1 мм (у. п. 1,0 град) (9,41 м) + 121 мм ТС (19,81 м)	1,0	4169–4298 (129)	1 / на корпусе ВЗД	–2,98 / –7,57	34

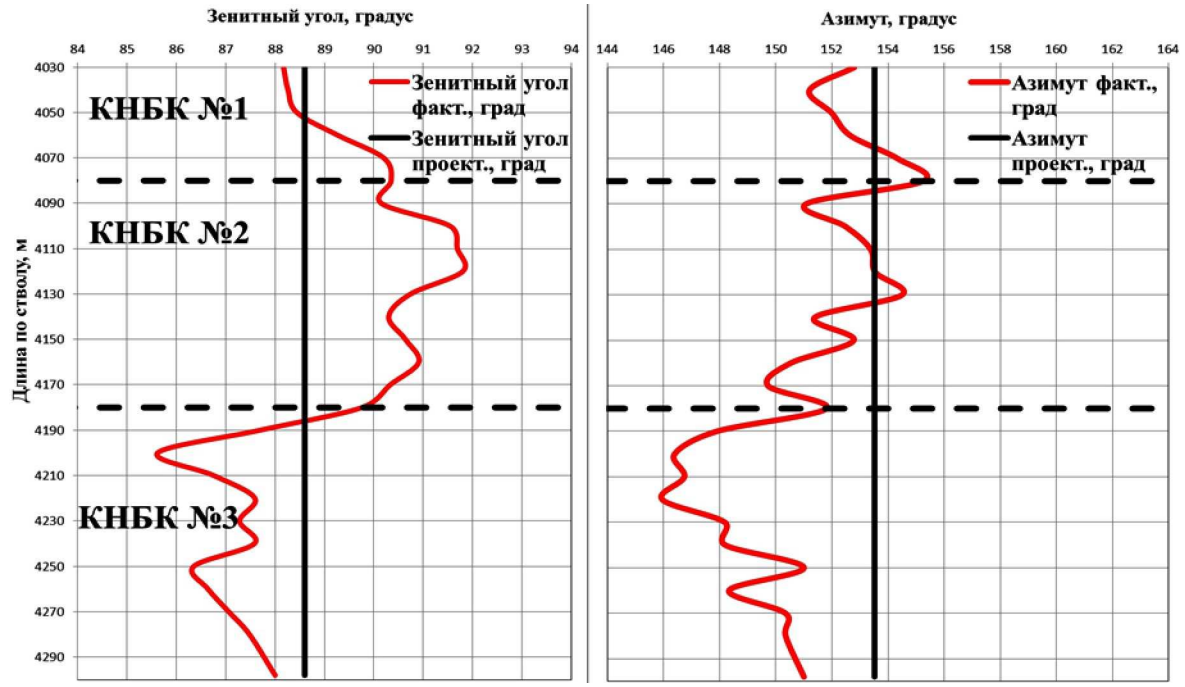

Рисунок 1 – Изменение зенитного угла и азимута на горизонтальном участке на скважине № 706 Ошского месторождения

Корректировку производят направленным бурением (слайдинг), при этом выставляют ориентировано двигатель-отклонитель на увеличение (уменьшение) зенитного угла в новом (расчетном) азимуте, далее вращают бурильный инструмент ротором или верхним силовым приводом. В результате вращения колонны в большинстве случаев происходит падение зенитного угла и разворот азимута вправо. После этого опять производят корректировку траектории, применяя направленное бурение, процесс происходит на протяжении проводки всего горизонтального участка ствола скважины.

Такое поведение характерно при использовании КНБК с различными типоразмерами опорно-центрирующих устройств (ОЦУ) и разными углами перекоса осей ВЗД отклонителя. Бесспорно, что место установки ОЦУ, их количество (один, два, три) и внешний диаметр оказывают существенное влияние на работу компоновки низа бурильной колонны [3] .

Для определения оптимальных параметров КНБК, а именно таких, для которых не происходит отклонения фактической траектории от проектной (интенсивность пространственного искривления скважины близка к нулю), нами были выполнены расчеты [4] для компоновки, включающей разное количество опорно-центрирующих устройств, разные диаметры и разные расстояния до долота.

Расчеты выполнялись для следующих условий: диаметр долота 155,6 мм; нагрузка на долото 50 кН; зенитный угол ствола скважины 90 градусов; плотность бурового раствора 1200 кг/см^3. Результаты приведены в таблице 2 и на графиках рисунков 2 и 3.

Анализ выполненных расчетов показывает, что изменение диаметра 3-го опорно-центрирующего устройства, установленного за телесистемой (20 м от долота и более), мало влияет на величину интенсивности пространственного искривления. Его назначение – обеспечить центрирование телесистемы в скважине.

Изменение диаметра 2-го опорно-центрирующего устройства серьезно сказывается на работе КНБК, при этом компоновка с двумя ОЦУ (первый за двигателем, второй за телесистемой) предпочтительнее, ее поведение более стабильно.

Изменение места установки ОЦУ (1-ое ОЦУ) на корпусе забойного двигателя приводит к качественному изменению работы компоновки. Если ОЦУ располагается до точки перекоса осей двигательной и шпиндельной секций, то КНБК работает на набор пространственного угла. В интервале 2–3 м – уменьшение угла, дальше идет область стабильного набора угла.

Таким образом, проведенные расчеты согласуются с практическим опытом: даже незначительные изменения диаметра и места установки ОЦУ приводят к изменениям в работе КНБК, поэтому исследования необходимо продолжить.

Таблица 2 – Результаты расчета интенсивности пространственного искривления траектории скважины

	КНБК	ОЦУ	Интенсивность пространственного искривления, град/10 м
1	155,6 мм дол. (0,23 м) + 121 мм ВЗД (у.п. 1,5 град) (7,49 м) + 121 мм ОК (0,7 м) + 121 мм ТС (11,43 м)	без ОЦУ	0,57
2	155,6 мм дол. (0,23 м) + 121 мм ВЗД с корп. стаб. 146 мм (у.п. 1,5 град) (7,49 м) + 121 мм ОК (0,7 м) + 121 мм ТС (11,43 м)	один (на ВЗД)	0,65
3	155,6 мм дол. (0,23 м) + 121 мм ВЗД (у.п. 1,5 град) (7,49 м) + 121 мм ОК (0,7 м) + 136,5 мм стабилизатор (1,64 м) + 121 мм ТС (11,43 м)	один (за ВЗД)	0,22
4	155,6 мм дол. (0,23 м) + 121 мм ВЗД (у.п. 1,5 град) (7,49 м) + 121 мм ОК (0,7 м) + 121 мм ТС (11,43 м) + 136,5 мм стабилизатор (1,64 м)	один (за ТС)	0,57
5	155,6 мм дол. (0,23 м) + 121 мм ВЗД с корп. стаб. 146 мм (у.п. 1,5 град) (7,49 м) + 121 мм ОК (0,7 м) + 136,5 мм стабилизатор (1,64 м) + 121 мм ТС (11,43 м)	два (на ВЗД и за ВЗД)	0,60
6	155,6 мм дол. (0,23 м) + 121 мм ВЗД с корп. стаб. 146 мм (у.п. 1,5 град) (7,49 м) + 121 мм ОК (0,7 м) + 121 мм ТС (11,43 м) + 136,5 мм стабилизатор (1,64 м)	два (на ВЗД и за ТС)	0,64
7	155,6 мм дол. (0,23 м) + 121 мм ВЗД (у. п. 1,5 град) (7,49 м) + 121 мм ОК (0,7 м) + 136,5 мм стабилизатор (1,64 м) + 121 мм ТС (11,43 м) + 136,5 мм стабилизатор (1,64 м)	два (за ВЗД и за ТС)	0,21
8	155,6 мм Дол. (0,23 м) + 121 мм ВЗД (у. п. 1,5 град) с корп. стаб. 146 мм (7,49 м) + 121 мм ОК (0,7 м) + 136,5 мм стабилизатор (1,64 м) + 121 мм ТС (11,43 м) + 136,5 мм стабилизатор (1,64 м)	три (на ВЗД, за ВЗД и за ТС)	0,60

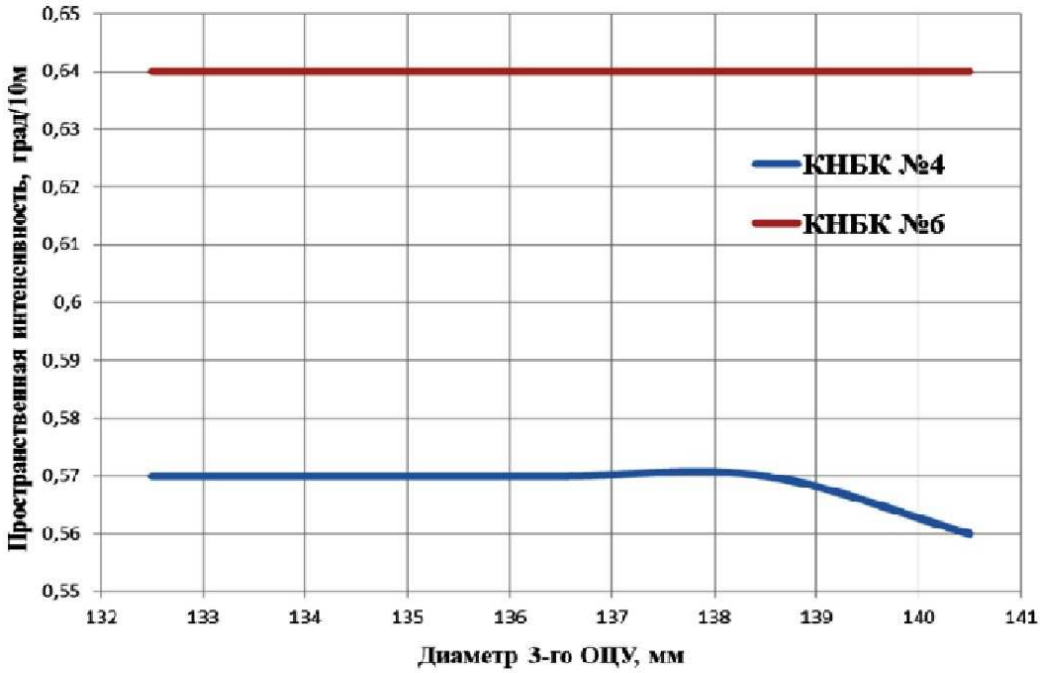

Рисунок 2 – Зависимость интенсивности пространственного искривления от диаметра ОЦУ, установленного за телесистемой

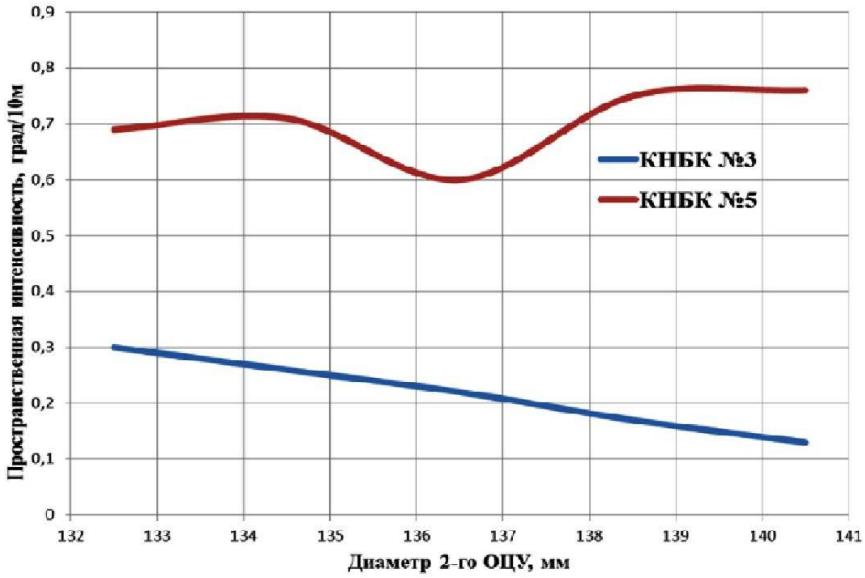

Рисунок 3 – Зависимость интенсивности пространственного искривления от диаметра ОЦУ, установленного за корпусом двигателя

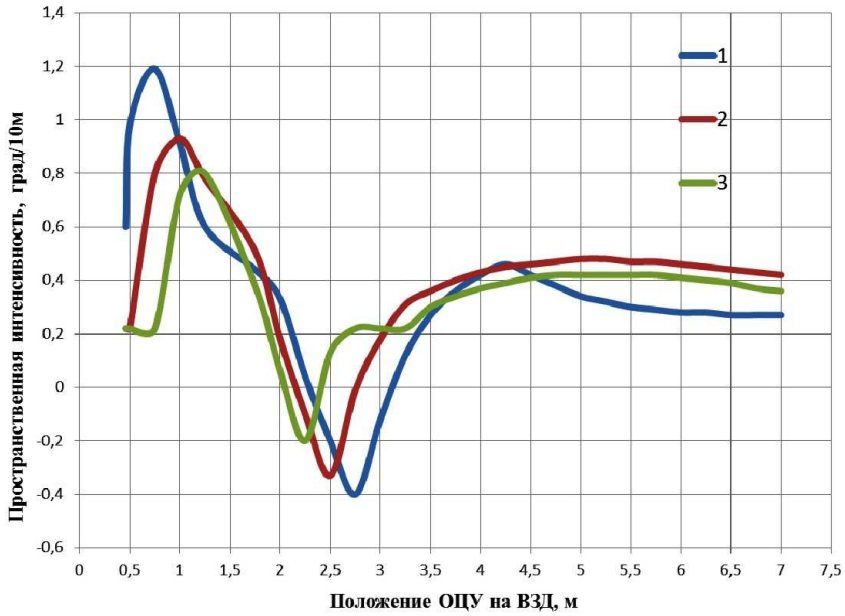

Рисунок 4 – Зависимость интенсивности пространственного искривления от места установки ОЦУ на корпусе двигателя

Литература:

1. Кейн С.А., Трохов В.В. Разработка технико-технологических рекомендаций по повышению качества выполнения проектной траектории наклонно-направленных скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2015. – № 1. – С. 4–7.

2. Кейн С.А., Близнюков В.Ю., Трохов В.В. Оптимизация параметров компоновок нижней части бурильной колонны для обеспечения проектной траектории наклонно-направленных скважин // Нефтегазовое дело. – 2014. – № 6. – С. 330–342.

3. Повалихин А.С., Мессер А.Г., Калинин А.Г. Перспективы совершенствования технологии строительства наклонных и горизонтальных скважин // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. – 2000. – № 1. – С. 76–81.

4. Menand S., Mills K.A., Suarez R. Micro Dogleg Detection with Continuous Inclination Measurements and Advanced BHA Modeling // Society of Petroleum Engineers. – 2016. – November 7.

References:

1. Keyn S.A., Trokhov V.V. Development of technical and technological recommendations about improvement of quality of performance of a design trajectory of the inclined directed wells // Construction of oil and gas wells by land and by sea. – 2015. – No. 1. – P. 4–7.

2. Keyn S.A., Bliznyukov V.Yu., Trokhov V.V. Optimization of parameters of configurations of the lower part of a boring column for providing a design trajectory of the inclined directed wells //Oil and gas business. – 2014. – No. 6. – P. 330–342.
3. Povalikhin A.S., Messer A.G., Kalinin A.G. Prospects of improvement of technology of construction of inclined and horizontal wells // Bulletin of association of boring contractors. – 2000. – No. 1. – P. 76–81.
4. Menand S., Mills K.A., Suarez R. Micro Dogleg Detection with Continuous Inclination Measurements and Advanced BHA Modeling // Society of Petroleum Engineers. – 2016. – November 7.