

СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДОПУСКА ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ И ОДНОРАЗМЕРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ КОЛОННЫ В СКВАЖИНУ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ УЧАСТКОМ 2000 МЕТРОВ

И.А. Артемьев

Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия

В последние годы во многих районах страны сравнительно часто стал проявляться такой вид осложнений, как недоведение обсадных колонн до проектных глубин. Данный вид осложнений проявляется в случае, когда силы сопротивления, возникающие при спуске обсадной колонны, превышают ее вес. Эти силы являются следствием различных сопротивлений: местных; вызываемых жесткостью обсадных труб и криволнейностью ствола; действием перепада давлений; трением обсадной колонны о стенки скважины.

В каждом конкретном случае недоведение обсадной колонны до проектной глубины происходит в результате действия сопротивлений как одного вида, так и нескольких одновременно. Поэтому для предупреждения этого осложнения необходима научно обоснованная разработка средств и методов снижения всех сил, противодействующих движению обсадной колонны в стволе скважины. Эта проблема становится особо актуальной на современном этапе ведения буровых работ, когда значительно возросли средние глубины бурения.

Целью работы явилось исследование сил сопротивления, осевых усилий и разработка мероприятий по их снижению с целью доведения обсадных колонн до проектных глубин.

На примере Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения (Республика Саха) были проведены расчеты для двух типов эксплуатационных колонн: телескопической конструкции колонны и колонны 146 мм, традиционной для газовых скважин. На основании результатов расчетов были построены графики зависимости сил сопротивления и осевых усилий от длины скважины по стволу, по построенным графикам сравнивались возможности допуска телескопической и одноразмерной эксплуатационной колонны в скважину с горизонтальным участком 2000 м.

Ключевые слова: телескопическая эксплуатационная колонна, одноразмерная эксплуатационная колонна, сила сопротивления, коэффициент сопротивления, осевое усилие, растянутая часть обсадной колонны, горизонтальная скважина, допуск колонны.

COMPARISON OF UNIFORM-SIZED AND TELESCOPING CASING STRINGS RUN INTO THE WELL WITH A HORIZONTAL WELLBORE OF 2000 METERS

I.A. Artem'ev

Ukhta State Technical University, Ukhta, Russian Federation

In recent years in many areas of the country such a drilling hazard has been often observed as inability to run casing strings to the target depth. This hazard takes place when resistance forces occurring during the run-in-hole operations exceed the string weight. These forces result from a local resistance and that determined by a stiffness of the casing pipes and well bore curvature, as well as pressure difference, friction between the pipes and the hole walls.

In each special case inability to reach a target well depth is related to one or many resistance forces acting together. To prevent the named hazard it is essential to develop the science-based methods of reducing all the forces hindering a run of casing strings into the well. The research is especially topical now when the average drilling depths increased significantly.

The aim of the study is to analyze resistance forces and axial thrusts and to develop mitigation response programs to ensure running casing strings to the target depth.

By the example of the Chayandinskoye oil and gas-condensate field (the Republic of Sakha) calculations were made for the casing strings of two types, telescoping one and one of 146 mm, traditional for gas wells. The calculation results were used to plot curves of resistance forces and axial thrusts versus well bore length. The diagrams were compared to find possibility of running telescoping and uniform-sized pipe strings into the well with a horizontal well-bore of 2000 meters.

Keywords: telescoping casing string, uniform-sized casing string, resistance force, resistance factor, axial thrust, strained part of a string, horizontal well, casing string run.

Введение

В последние годы в мире происходит постоянное наращивание объемов бурения горизонтальных скважин, что объясняется как экономическими соображениями, так и снижением доступности объектов бурения для обычных скважин. Практика и теоретические исследования показывают, что горизонтальные скважины эффективно могут быть использованы как для бурения эксплуатационных скважин, так и для целей доразведки, разработки и доразработки на большинстве нефтяных, газовых и нефтегазовых месторождений [1–4].

Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение Республики Саха в геологическом отношении можно отнести к сложнопостроенным залежам с аномально низким пластовым давлением, поэтому применение скважины с горизонтальным окончанием в продуктивном пласте является целесообразным [5, 6].

Продуктивный пласт, расположенный на глубине 1760–1830 м, предполагается вскрывать горизонтальным участком протяженностью 2000 м и с большим радиусом кривизны (573 м), чтобы минимизировать силы сопротивления буровой колонны (рис. 1).

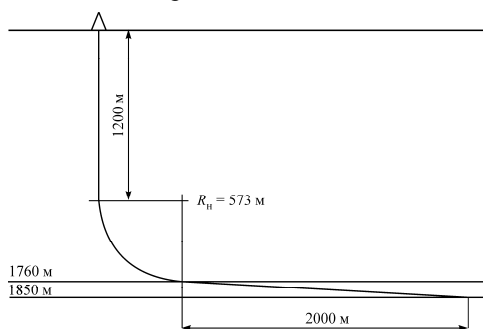


Рис. 1. Профиль горизонтальной скважины на Чаяндинском месторождении

Расчет сил сопротивления и осевых усилий, возникающих при движении колонн в искривленных и горизонтальных участках скважины

Для исследования влияния конструкции эксплуатационной колонны на величину доходящей до забоя нагрузки использовалась методика расчета сил сопротивления и осевых усилий, возникающих при движении колонн в искривленных и горизонтальных участках скважины М.М. Александра [7–11].

Методика реализована в программном продукте FORCE, разработанном В.Т. Лукьяновым и Ю.Л. Логачевым на кафедре бурения УГТУ [12].

Расчеты выполнены для телескопической конструкции эксплуатационной скважины и для колонны 146 мм, традиционной для газовых скважин.

Телескопическая колонна состоит из трех секций (от забоя): 114 мм колонны, длина по стволу которой составляет 1350 м; 127 мм колонны с длиной 250 м и 146 мм колонны с длиной 2425 м.

Результаты расчетов сил сопротивления и осевых усилий приведены в табл. 1–3.

На основании данных результатов были построены графики осевых усилий и сил сопротивлений, возникающих при спуске колонн в горизонтальную скважину с профилем, представленным на рис. 1, и с величиной коэффициента сопротивления 0,1; 0,2; 0,3, приведенные на рис. 2–7.

Анализ представленных результатов показывает, что величина растянутой части телескопической обсадной колонны всегда больше, чем одноразмерной. Этот факт свидетельствует о том, что возможность допуска телескопической колонны до конечного забоя выше, чем одноразмерной.

Таблица 1

Результаты расчета осевого усилия и силы сопротивления
при коэффициенте сопротивления 0,3

Длина скважины, м	Осевое усилие, кН		Сила сопротивления, кН	
	Одноразмерная колонна 146 мм	Телескопическая колонна	Одноразмерная колонна 146 мм	Телескопическая колонна
0	222,7	271,4	250,1	196
200	171,5	220,2	250,1	196
400	120,3	169	250,1	196
600	69,1	117,8	250,1	196
800	17,9	66,6	250,1	196
850	5,1	53,8	250,1	196
875	-1,3	47,4	250,1	196
1000	-33,3	15,4	250,1	196
1050	-46,1	2,6	250,1	196
1075	-52,5	-3,8	250,1	196
1200	-83,4	-35,3	250,1	196
1400	-119,3	-75,9	237,1	187,8
1600	-140,9	-101,8	216,1	171,1
1800	-145,7	-110,4	189,4	148,3
2000	-133	-101,2	160,4	122,8
2200	-117,5	-86,6	140	103,7
2400	-104,4	-73,5	124,7	88,4
2600	-91,4	-63,4	109,3	76,1
2800	-78,3	-54,1	94	65
3000	-65,2	-45,1	78,6	54,4
3200	-52,1	-36,1	63,3	43,8
3400	-39,1	-27	48	33,2
3600	-26	-18	32,6	22,5
3800	-12,9	-8,9	17,3	11,9
4000	0,1	0,1	1,9	1,3
4025	0	0	0	0

Таблица 2

Результаты расчета осевого усилия и силы сопротивления
при коэффициенте сопротивления 0,2

Длина скважины, м	Осевое усилие, кН		Сила сопротивления, кН	
	Одноразмерная колонна 146 мм	Телескопическая колонна	Одноразмерная колонна 146 мм	Телескопическая колонна
0	329,6	353,8	143,2	113,6
200	278,4	302,6	143,2	113,6
400	227,2	251,4	143,2	113,6
600	176	200,2	143,2	113,6
800	124,8	149	143,2	113,6
1000	73,6	97,8	143,2	113,6
1200	22,6	47	143,2	113,6
1275	3,7	28,4	142,9	112,8
1300	-2,3	22,1	142,7	112,7
1375	-19,5	4,3	141,7	112,3
1400	-24,8	-1,2	141,1	111,9
1600	-59,8	-37,8	133,2	105,6
1800	-78,7	-58,2	120,7	94,6
2000	-79,9	-60,7	105,6	80,9

Окончание табл. 2

Длина скважины, м	Осевое усилие, кН		Сила сопротивления, кН	
	Одноразмерная колонна 146 мм	Телескопическая колонна	Одноразмерная колонна 146 мм	Телескопическая колонна
2200	-71,5	-52,6	93,3	69,1
2400	-63,5	-44,7	83,1	58,9
2600	-55,6	-38,6	72,9	50,7
2800	-47,6	-32,9	62,7	43,3
3000	-39,6	-27,4	52,4	36,2
3200	-31,7	-21,9	42,2	29,2
3400	-23,7	-16,4	32	22,1
3600	-15,8	-10,9	21,7	15
3800	-7,8	-5,4	11,5	8
4000	0,1	0,1	1,3	0,9
4025	0	0	0	0

Таблица 3

Результаты расчета осевого усилия и силы сопротивления при коэффициенте сопротивления 0,1

Длина скважины, м	Осевое усилие, кН		Сила сопротивления, кН	
	Одноразмерная колонна 146 мм	Телескопическая колонна	Одноразмерная колонна 146 мм	Телескопическая колонна
0	407,9	415,1	64,9	52,3
200	356,7	363,9	64,9	52,3
400	305,5	312,7	64,9	52,3
600	254,3	261,5	64,9	52,3
800	203,1	210,3	64,9	52,3
1000	151,9	159,1	64,9	52,3
1200	101,1	108,4	64,9	52,3
1400	52,7	60,2	62,9	50,1
1600	10,8	18,1	61,6	48,9
1650	2,4	9,7	60,8	48,2
1675	-1,4	5,8	60,4	47,8
1700	-5	2,2	59,9	47,3
1725	-8,3	-1,2	59,4	46,9
1800	-16,9	-9,8	57,7	45,2
2000	-27,6	-20,8	52,1	39,9
2200	-25,4	-18,7	46,7	34,6
2400	-22,6	-15,9	41,6	29,5
2600	-19,8	-13,7	36,4	25,4
2800	-16,9	-11,7	31,3	21,7
3000	-14,1	-9,7	26,2	18,1
3200	-11,2	-7,8	21,1	14,6
3400	-8,4	-5,8	16	11,1
3600	-5,5	-3,8	10,9	7,5
3800	-2,7	-1,9	5,8	4
4000	0,1	0,1	0,6	0,4
4025	0	0	0	0

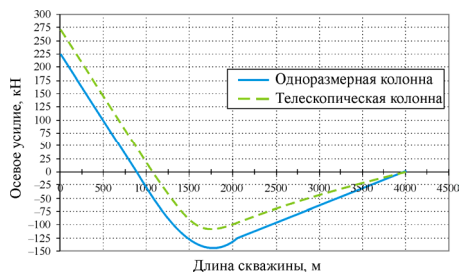


Рис. 2. Зависимость осевой нагрузки от длины по стволу в горизонтальной скважине; коэффициент сопротивления 0,3

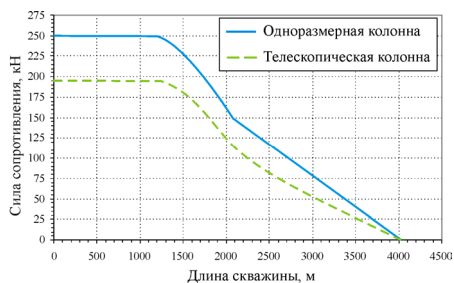


Рис. 3. Зависимость силы сопротивления от длины по стволу в горизонтальной скважине; коэффициент сопротивления 0,3

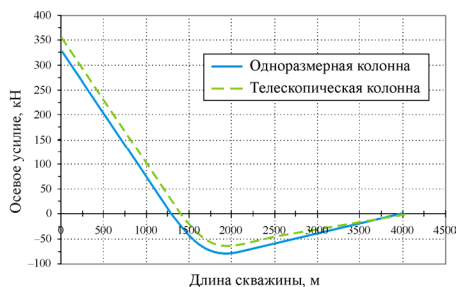


Рис. 4. Зависимость осевой нагрузки от длины по стволу в горизонтальной скважине; коэффициент сопротивления 0,2

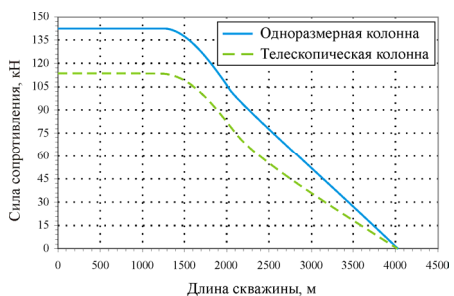


Рис. 5. Зависимость силы сопротивления от длины по стволу в горизонтальной скважине; коэффициент сопротивления 0,2

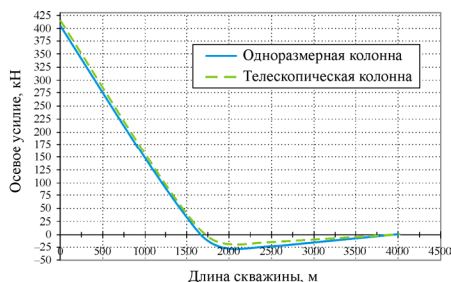


Рис. 6. Зависимость осевой нагрузки от длины по стволу в горизонтальной скважине; коэффициент сопротивления 0,1

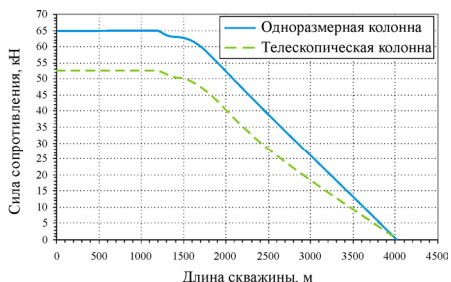


Рис. 7. Зависимость силы сопротивления от длины по стволу в горизонтальной скважине; коэффициент сопротивления 0,1

На рис. 8 представлен график зависимости растянутой части обсадной колонны от величины коэффициента сопротивления.

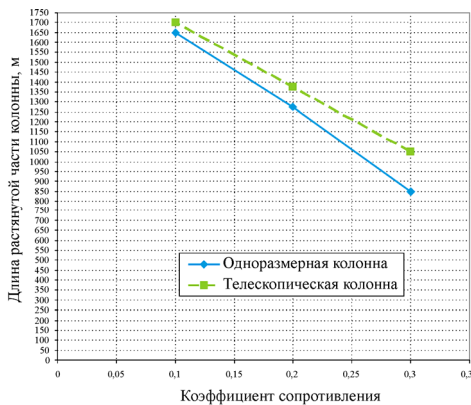


Рис. 8. Зависимость растянутой части обсадной колонны от коэффициента сопротивления

Заключение

Анализируя результаты расчетов, можно сделать следующие выводы:

1. Длина растянутой части телескопической колонны больше длины одноразмерной, что говорит о лучшем допуске телескопической колонны.

2. С уменьшением коэффициента сопротивления разница между осевыми усилиями в телескопической и одноразмерной колоннах уменьшается, а длина

растянутой части обеих колонн увеличивается.

3. При коэффициенте сопротивления 0,3 (наиболее распространенном при трении колонны о горную породу) длина растянутой части телескопической колонны составляет 1050 м, для одноразмерной 850 м, т.е. примерно на 20 % выше.

Список литературы

1. Андронов И.Н., Буслаев В.Ф., Михарев В.В. Исследование поперечных сил в бурильной колонне при проводке направленных скважин // Бурение скважин на Европейском Севере России: сб. докл. – Ухта, 2001. – № 1. – С. 79–84.
2. Амиян В.А., Амиян А.В., Васильева Н.П. Вскрытие и освоение нефтегазовых пластов. – М.: Недра, 1985. – 349 с.
3. Pilehvary A.A., Azar J.J., Shirazi S.A. State of the art Cuttings transport in horizontal wellbores // SPEDC. – 1999. – September. – Vol. 14, № 3. – P. 196–200.
4. Sifferman T.R., Baker T.E. Hole Cleaning in Full-Scale Inclined Wellbores // SPE Drilling Engineering. – 1992. – June. – P. 115–120.
5. Алиев З.С., Шеремет В.В. Определение производительности горизонтальных скважин, вскрывающих газовые и газонефтяные пласты. – М.: Недра, 1995. – 144 с.
6. Бердин Т.Г. Проектирование разработки нефтегазовых месторождений системами горизонтальных скважин. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2001. – 199 с.
7. Александров М.М. Силы сопротивления при движении труб в скважине. – М.: Недра, 1978. – 208 с.
8. Александров М.М. Определение сил сопротивления при бурении. – М.: Недра, 1965. – 175 с.
9. Александров М.М. О силе и коэффициенте сопротивления в условиях скважины // Сб. тр. СевКавНИИ. – 1969. – С. 84–88.
10. Александров М.М., Воропаев Ю.А. О влиянии величины бокового зазора на условия спуска обсадных колонн // Технология бурения нефтяных и газовых скважин. – Уфа, 1974. – С. 113–117.
11. Александров М.М. Взаимодействие колонны труб со стенками скважины. – М.: Недра, 1982. – 60 с.
12. Лукьянов В.Т., Логачев Ю.Л. Технология бурения. Методические указания (по программе FORCE). – Ухта, 1997. – 46 с.
13. Delleinger T., Gravley W., Tolle G. Directional technology will extend drilling reach // Oil Gas Journal. – 1980. – № 5. – P. 15–18.
14. Joshi S.D. Authors reply to discussion of augmentation of well productivity with slant and horizontal wells // Journal of Petroleum Technology. – 1992. – Vol. 44, № 8. – P. 943–949.
15. Beck F.F., Powell I.W., Zamora M.A. Clarified Xanthan Drill – in Fluid for Preedhol Day Horizontal Wells // SPE. – 1993. – Paper № 25767.

References

1. Andronov I.N., Buslaev V.F., Mikharev V.V. Issledovanie poperechnykh sil v buril'noi kolonne pri provodke napravlennykh skvazhin [Study of lateral forces in drill column in making directionally drilled wells]. *Sbornik dokladov "Burenie skvazhin na Evropeiskom Severe Rossii"*. Ukhta, 2001, no. 1, pp. 79–84.
2. Amiiyan V.A., Amiiyan A.V., Vasil'eva N.P. Vskrytie i osvoenie neftegazovykh plastov [Oil and gas formation exposing and completion]. Moscow: Nedra, 1985. 349 p.
3. Pilehvary A.A., Azar J.J., Shirazi S.A. State of the art Cuttings transport in horizontal wellbores. *SPEDC*, 1999, September, vol. 14, no. 3, pp. 196–200.
4. Sifferman T.R., Baker T.E. Hole Cleaning in Full-Scale Inclined Wellbores. *SPE Drilling Engineering*, 1992, June, pp. 115–120.
5. Aliev Z.S., Sheremet V.V. Opredelenie proizvoditel'nosti gorizonta'nykh skvazhin, vskryvaiushchikh gazovye i gazoneftianye plasty [Determining productivity of horizontal wells exposing gas and gas-oil formations]. Moscow: Nedra, 1995. 144 p.

6. Berdin T.G. Proektirovanie razrabotki neftegazovykh mestorozhdenii sistemami gorizontaľnykh skvazhin [Designing development of oil and gas fields by horizontal well systems]. Moscow: Nedra-Biznestsentr, 2001. 199 p.
7. Aleksandrov M.M. Sily soprotivleniia pri dvizhenii trub v skvazhine [Resistance forces in well strings motion]. Moscow: Nedra, 1978. 208 p.
8. Aleksandrov M.M. Opredelenie sil soprotivleniia pri burenii skvazhin [Calculation of resistance forces in well drilling]. Moscow: Nedra, 1965. 175 p.
9. Aleksandrov M.M. O sile i koeffitsiente soprotivleniia v usloviiax skvazhiny [On resistance force and factor in well conditions]. *Sbornik trudov. Severo-Kavkazskii neftianoi nauchno-issledovatel'skii institut*, 1969, pp. 84–88.
10. Aleksandrov M.M., Voropaev Iu.A. O vliianii velichiny bokovogo zazora na usloviia spuska obsadnykh kolonn [On effects of backlash on casing strings run]. *Tekhnologiia burenii neftiannykh i gazovykh skvazhin*. Ufa, 1974, pp. 113–117.
11. Aleksandrov M.M. Vzaimodeistvie kolonny trub so stenkami skvazhiny [Interaction of casing string with well walls]. Moscow: Nedra, 1982. 60 p.
12. Luk'ianov V.T., Logachev Iu.L. Tekhnologiia burenii. Metodicheskie ukazaniia (po programme FORCE) [Drilling technology. Guidelines (the FORCE program)]. Ukhta, 1997. 46 p.
13. Delleinger T., Gravley W., Tolle G. Directional technology will extend drilling reach. *Oil Gas Journal*, 1980, no. 5, pp. 15–18.
14. Joshi S.D. Authors reply to discussion of augmentation of well productivity with slant and horizontal wells. *Journal of Petroleum Technology*, 1992, vol. 44, no. 8, pp. 943–949.
15. Beck F.F., Powell I.W., Zamora M.A. Clarified Xanthan Drill – in Fluid for Preedhol Day Horizontal Wells. *SPE*, 1993, paper no. 25767.

Об авторе

Артемьев Иван Александрович (Ухта, Россия) – Ухтинский государственный технический университет (169300, г. Ухта, ул. Юбилейная, д. 20; e-mail: artemiev1990@mail.ru).

About the authors

Ivan A. Artem'ev (Ukhta, Russian Federation) – Ukhta State Technical University (169300, Ukhta, Jubileinaia st., 20; e-mail: artemiev1990@mail.ru).

Получено 6.11.2014