

УДК 621.643

**КОНСТРУКТИВНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ
МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ КОЛТЮБИНГОВЫХ ТРУБ****Грогуленко В.В.***ОАО НПФ «Геофизика», Уфа, e-mail: Grogulenko89@mail.ru*

В процессе проектирования были получены одиннадцать вариантов конструкций металлополимерной колтюбинговой трубы. В ходе расчетов были получены значения различных технических параметров колтюбинговых труб. Рассчитывались массы всех образцов в скважинах глубиной от 200 до 4000 метров, значения статической и динамической нагрузок в процессе спуско-подъемных операций, значения давления во внутреннем сечении труб. На основе полученных значений определены граничные условия эксплуатации каждого образца. Составленные единые таблицы образцов позволяют по условиям проводимой скважинной операции дать заключение о возможности применения любого образца в каждом рассматриваемом случае. Внедрение металло-полимерных труб в нефтяной и газовой промышленности видится перспективным, так как по результатам проведенных исследований данные трубы обладают неплохими характеристиками.

Ключевые слова: колтюбинг, полимерные материалы, параметры металлополимерных труб**CONSTRUCTIVE AND OPERATIONAL PARAMETERS
OF METAL-POLYMER COILED TUBES****Grogulenko V.V.***JSC SPC «Geophysics», Ufa, e-mail: Grogulenko89@mail.ru*

In the design process were obtained from eleven different designs of metal-polymer coiled tubing pipes. During calculations yielded values of various technical parameters of pipes. Calculated weight of all samples in the wells with depths ranging from 200 to 4000 meters, the values of static and dynamic loads during tripping operations, the pressure values in the inner section of the pipe. On the basis of the obtained values determined values of the boundary conditions of operation of each sample. Drafted the single tables of samples allows to conditions of downhole operations to give an opinion on the applicability of any sample in each case under consideration. The introduction of metal-polymer tubes in the petroleum and gas industry seems promising, as the results of the research of this tubes have good characteristics.

Keywords: coil tubing, polymer materials, parameters of metal-polymer tubes

Интенсификация разработки шельфовых месторождений способствовала созданию инновационных технологий в добыче нефти и газа. В условиях отдаленности и ограниченности времени при добыче углеводородного сырья в условиях нефтяных платформ наиболее эффективными становятся многопрофильные технологии, способные выполнять широкий спектр операций без привлечения дополнительного оборудования, персонала и транспортировки. К данной категории оборудования относится и колтюбинг. Перечень операций, проводимых с использованием колтюбинговых труб становится все шире, повышается эффективность от внедрения гибких труб. Одно из направлений повышения эффективности колтюбинговых технологий – совершенствование колтюбинговой колонны, в том числе с металлополимерных труб, которые находят все большее применение в нефтяной и газовой промышленности [4].

Автором статьи ранее в процессе проектирования были получены 11 вариантов металлополимерной колтюбинговой трубы [1]. Изначальным условием проектирования было значение внутреннего диаметра трубы размером 33 мм. Варианты

отличаются по конструкции и составным элементам, поэтому наружные диаметры колтюбинговых труб также получились различными (рис. 1).

Рассмотрим условия эксплуатации колтюбинговой трубы, при которых возможно применение каждого из вариантов. Для этого определим граничные значения максимально возможной глубины спуска металлополимерной колтюбинговой трубы.

Каждый образец металлополимерной колтюбинговой трубы в зависимости от конструкции и составных компонентов имеет различные значения статической грузоподъемности. В зависимости от этого параметра каждый образец имеет свои ограничения по глубине спуска. Существует значение предельной глубины спуска каждого варианта. Рассмотрим зависимости изменения массы колтюбинговой трубы, заполненной жидкостью. Коэффициент пропорциональности показывает, во сколько раз рассчитанная статическая грузоподъемность образца превышает массу образца в зависимости от глубины спуска [2]. При значении коэффициента пропорциональности, равным единице, масса трубы на данной глубине равна максимальной статической нагрузке образца.

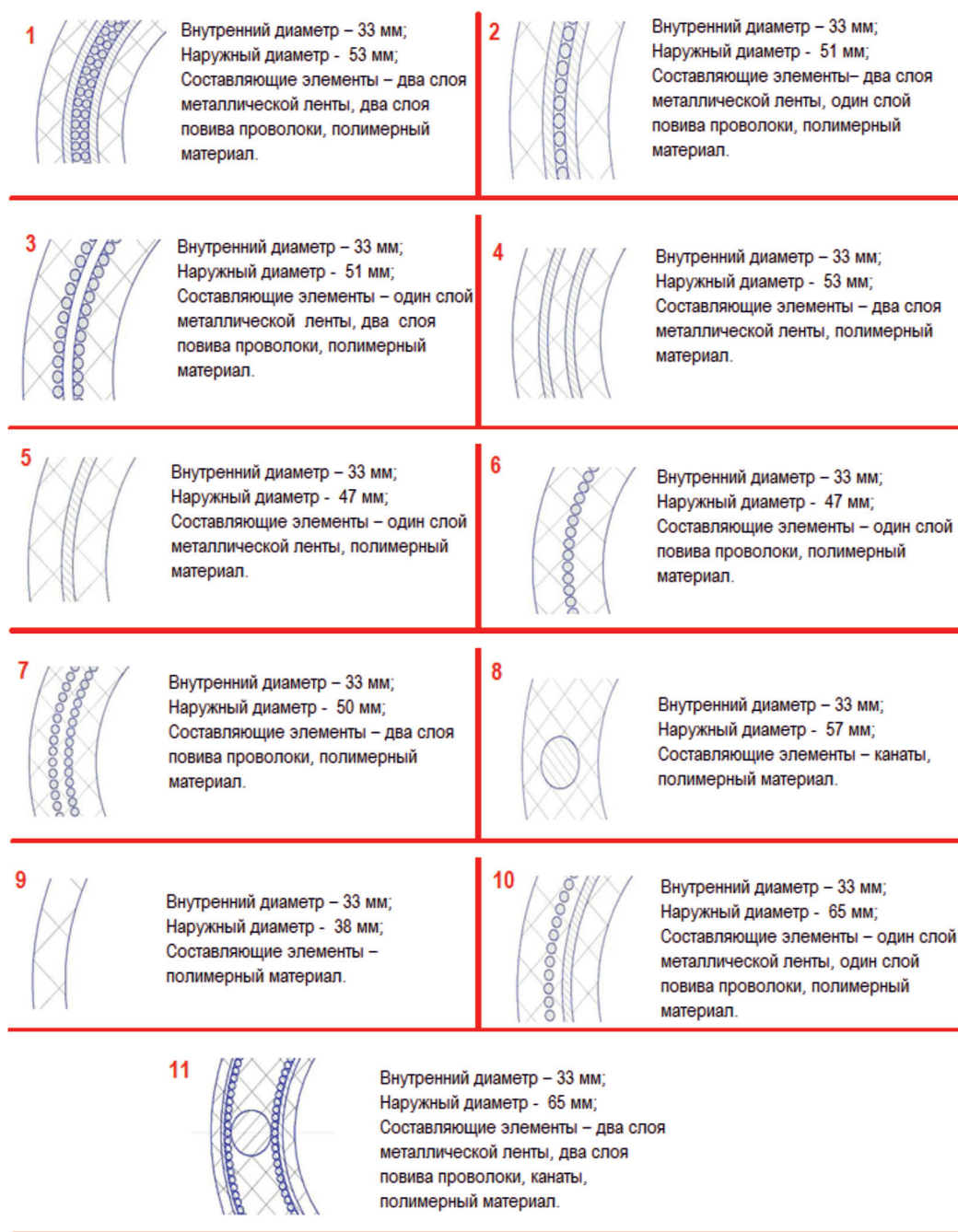


Рис. 1. Варианты металлополимерной колтюбинговой трубы

В результате проведения расчетов были получены значения статической грузоподъемности образцов.

Для учета динамики процесса введем динамический коэффициент [3]

$$k_d = 1 + \frac{w}{g},$$

где k_d – динамический коэффициент, w – ускорение системы, g – ускорение свободного падения.

После расчетов при подъеме колтюбинговой трубы принимаем $k_d \approx 1,2$.

Далее находим максимальную возможную глубину спуска колтюбинговой трубы (табл. 1).

Определим граничные значения глубины спуска трубы в зависимости от внутреннего давления в трубе. Принимаем максимальные значения давления для вариантов труб (табл. 2).

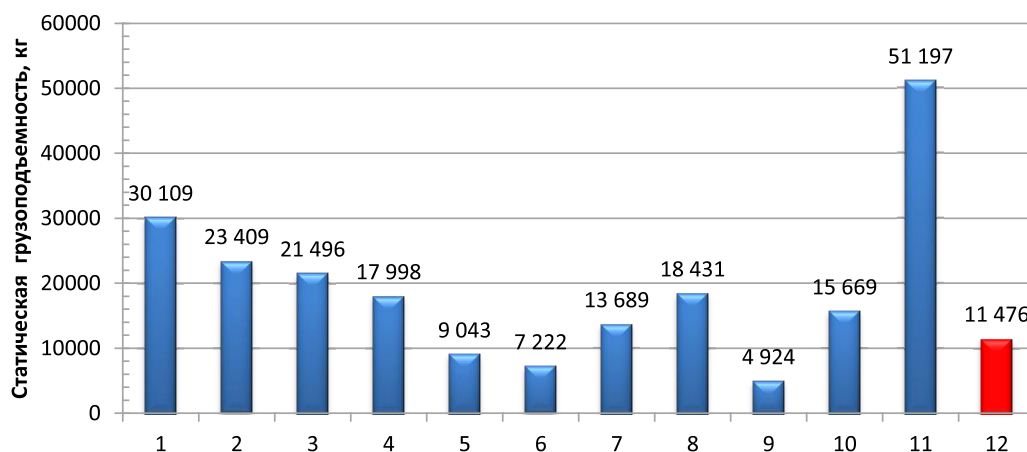


Рис. 2. Статическая грузоподъемность образцов труб (вариант № 12 – стальная колтюбинговая труба)

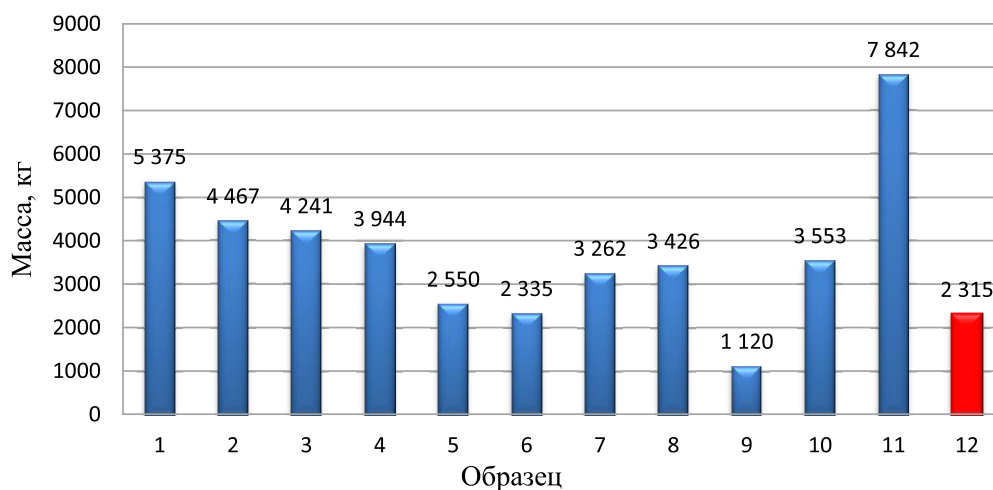


Рис. 3. Массы образцов на глубине 1000 метров

Таблица 1

Допустимые глубины спуска образцов труб с учетом динамического коэффициента

Номер образца трубы	Допустимая глубина, м	Номер образца трубы	Допустимая глубина, м
№ 1	4000	№ 7	3500
№ 2	4000	№ 8	4000
№ 3	4000	№ 9	1300
№ 4	3800	№ 10	3700
№ 5	3000	№ 11	4000
№ 6	2600		

Таблица 2

Максимальные значения давления образцов труб

Номер образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Прогнозное давление, МПа	18	18	18	10	4	4	10	4	4	10	18

Далее рассчитываем давление внутри трубы в зависимости от глубины.

Находим предельные значения глубины спуска для каждого образца трубы из условий, что скважина вертикальная и без жидкости.

Таблица 3
Допустимые глубины спуска образцов

Номер образца трубы	Допустимая глубина, м	Номер образца трубы	Допустимая глубина, м
№ 1	1800	№ 7	1000
№ 2	1800	№ 8	400
№ 3	1800	№ 9	400
№ 4	1000	№ 10	1000
№ 5	400	№ 11	1800
№ 6	400		

В результате получена таблица допустимых глубин образцов по критериям массы и давления.

Таблица 4
допустимые глубины спуска образцов в «сухой» скважине

Номер образца трубы	Допустимая глубина по критериям, м	
	Масса	Давление (в «сухой» скважине)
№ 1	4000	1800
№ 2	4000	1800
№ 3	4000	1800
№ 4	3800	1000
№ 5	3000	400
№ 6	2600	400
№ 7	3500	1000
№ 8	4000	400
№ 9	1300	400
№ 10	3700	1000
№ 11	4000	1800

Если скважина до определенной глубины заполнена жидкостью, то благодаря разности наружного и внутреннего давлений максимальная глубина спуска для образцов увеличится. К примеру, скважина глубиной 4000 метров заполнена технической водой до интервала 1500 метров. Тогда разность давлений в колтюбинговой трубе для образца № 1, например, выглядит следующим образом.

В скважине, заполненной жидкостью до определенного уровня, будут действовать выталкивающие силы и наружное давление, поэтому в таких скважинах глубина спуска трубы будет больше. Проведя все расчеты, были получены таблицы факти-

ческих значений масс и давлений образцов трубы в зависимости от глубины и уровня жидкости в скважине. По данным таблицам определяется целесообразность применения конкретного образца в конкретных условиях и технологиях. В зависимости от глубины и характеристик скважины значения массы трубы и внутреннего давления имеют определенные значения. В условиях, где эти значения не превышают предельно допустимые, применение данного образца возможно, и ячейки окрашены в зеленый цвет.

Например, нам необходимо спустить геофизическое оборудование на забой в скважину глубиной 2000 метров. Скважина заполнена технической водой на 20 %. Масса геофизического оборудования – 100 кг. Предполагается подача жидкости по трубе давлением 10 МПа, поэтому колтюбинговая труба спускается заполненная жидкостью.

Для начала убеждаемся, что труба выдерживает давление 10 МПа. В нашем случае образец № 1 имеет максимальное прогнозируемое давление 18 МПа, что удовлетворяет требованиям. По таблице находим ячейки «Скважина 20 %». Спускаемся на глубину 2000 метров. Как видно, масса трубы на данной глубине будет равна 14121 кг, вместе с оборудованием – 14221 кг. Максимальная нагрузка для образца № 1 – 25091 кг, значит, и по этому критерию труба подходит. На этой глубине внутреннее давление в трубе составит согласно таблице 15,68 МПа, что не превышает предельные 18 МПа. Поэтому ячейка окрашена в зеленый цвет. В данной скважине выполнение данной операции с помощью образца № 1 возможно.

Аналогичным образом были получены соответствующие таблицы для оставшихся образцов.

В результате, по имеющимся параметрам конкретной скважины и условиям спуско-подъемных операций можно определить, какие из образцов металлополимерной колтюбинговой трубы подходят для данной операции. Окончательное решение принимается, учитывая стоимость труб.

В результате проведенных расчетов и построенных зависимостей была получена возможность определения области эксплуатации металлополимерных колтюбинговых труб. Становится очевидным, что в некоторых скважинных операциях колтюбинговые трубы на основе полимерных материалов в перспективе могут стать реальной альтернативой стальному колтюбингу. Кроме того, исследуемые образцы также могут применяться вместо геофизического кабеля, например, при каротажных работах, особенно в горизонтальных и наклонно-направленных участках скважин [5].

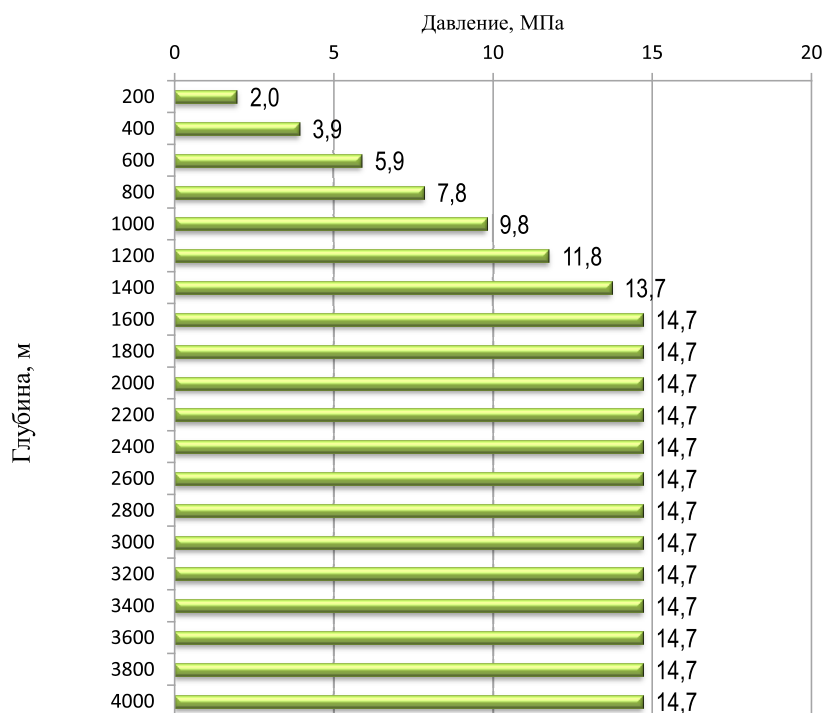


Рис. 4. Разность давлений в колтюбинговой трубе для образца № 1

1	Без внутр. давления		С внутр. Давл		Скважина 20%		Скважина 40%		Скважина 60%		Скважина 80%	
	Масса	Давление	Масса	Давление	Масса	Давление	Масса	Давление	Масса	Давление	Масса	Давление
0	1074.93	0.00	1074.93	1.96	1008.67	1.57	920.46	1.18	832.26	0.78	744.06	0.39
200	2149.86	0.00	2149.86	3.92	2017.33	3.14	1840.93	2.35	1664.52	1.57	1488.12	0.78
400	3224.80	0.00	3224.80	5.88	3026.00	4.70	2761.39	3.53	2496.78	2.35	2232.18	1.18
600	4299.73	0.00	4299.73	7.84	4034.67	6.27	3681.86	4.70	3329.05	3.14	2976.24	1.57
800	5374.66	0.00	5374.66	9.80	5043.33	7.84	4602.32	5.88	4161.31	3.92	3720.29	1.96
1000	6449.59	0.00	6449.59	11.76	6052.00	9.41	5522.78	7.06	4993.57	4.70	4464.35	2.35
1200	7524.52	0.00	7524.52	13.72	7060.67	10.98	6443.25	8.23	5825.83	5.49	5208.41	2.74
1400	8599.46	0.00	8599.46	15.68	8069.33	12.54	7363.71	9.41	6658.09	6.27	5952.47	3.14
1600	9674.39	0.00	9674.39	17.64	9078.00	14.11	8284.18	10.58	7490.35	7.06	6696.53	3.53
1800	10749.32	0.00	10749.32	19.60	10086.67	15.68	9204.64	11.76	8322.61	7.84	7440.59	3.92
2000	11824.25	0.00	11824.25	21.56	11095.33	17.25	10125.10	12.94	9154.88	8.62	8184.65	4.31
2200	12899.18	0.00	12899.18	23.52	12104.00	18.82	11045.57	14.11	9987.14	9.41	8928.71	4.70
2400	13974.11	0.00	13974.11	25.48	13112.67	20.38	11966.03	15.29	10819.40	10.19	9672.77	5.10
2600	15049.05	0.00	15049.05	27.44	14121.33	21.95	12886.50	16.46	11651.66	10.98	10416.82	5.49
2800	16123.98	0.00	16123.98	29.40	15130.00	23.52	13806.96	17.64	12483.92	11.76	11160.88	5.88
3000	17198.91	0.00	17198.91	31.36	16138.67	25.09	14727.43	18.82	13316.18	12.54	11904.94	6.27
3200	18273.84	0.00	18273.84	33.32	17147.33	26.66	15647.89	19.99	14148.45	13.33	12649.00	6.66
3400	19348.77	0.00	19348.77	35.28	18156.00	28.22	16568.35	21.17	14980.71	14.11	13393.06	7.06
3600	20423.71	0.00	20423.71	37.24	19164.67	29.79	17488.82	22.34	15812.97	14.90	14137.12	7.45
3800	21498.64	0.00	21498.64	39.20	20173.33	31.36	18409.28	23.52	16645.23	15.68	14881.18	7.84
4000	22573.57	0.00	22573.57	41.16	21182.00	32.93	19329.75	24.69	17477.50	16.46	15625.24	8.23
Предел	25091	18	25091	18	25091	18	25091	18	25091	18	25091	18

Рис. 5. Область применения образца № 1

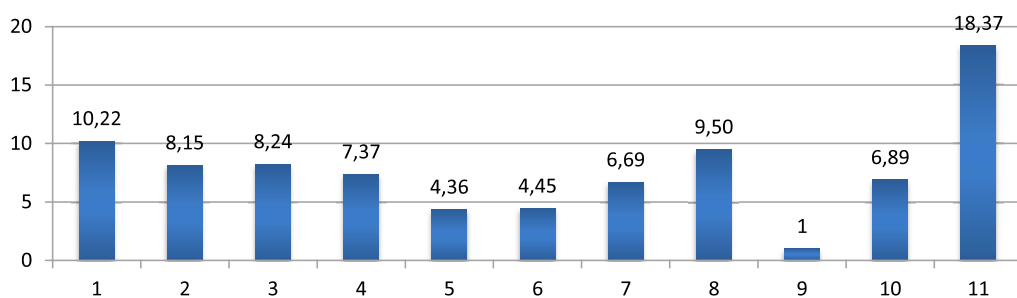


Рис. 6. Относительная стоимость образцов металлополимерной колтюбинговой трубы

Список литературы

1. Марков А.В., Власов С.В. Принципы выбора полимерных материалов для изготовления изделий // Полимерные материалы. – 2004. – № 6–8.

2. Бухаленко Е.И. Нефтепромысловое оборудование: Справочник. 2-е изд. – М.: Недра, 1990. – 559 с.

3. Вайнштот С.М. и др. Опыт эксплуатации установок с длинномерной трубой на барабане // Нефть и капитал. – 1998. – № 1. – С. 71.

4. Вайнштот С.М., Молчанов А.Г., Некрасов В.И., Чернобровкин В.И. Подземный ремонт и бурение скважин с применением гибких труб. – М.: Академия горных наук, 1999. – 224 с.

5. Шайдаков В.В., Грогуленко В.В., Михайлов П.Г. Колтубинговые трубы на основе полимерных материалов // Экспозиция. Нефть. Газ. – 2014. – № 1(33). – С. 62–64.

References

1. Markov A.V., Vlasov S.V. Principy vybora polimernyh materialov dlja izgotovlenija izdelij // Polimernye materialy. 2004. no. 6–8.

2. Buhalenko E.I. Neftepromyslovoye oborudovanie: Spravochnik. 2-e izd. M.: Nedra, 1990. 559 p.

3. Vajnshtok S.M. i dr. Opyt jekspluatatsii ustanovok s dlinnomernoj truboj na barabane // Neft' i kapital. 1998. no. 1. p. 71.

4. Vajnshtok S.M., Molchanov A.G., Nekrasov V.I., Chernobrovkin V.I. Podzemnyj remont i burenie skvazhin s primeneniem gibkikh trub. M.: Akademija gornyh nauk, 1999. 224 p.

5. Shajdakov V.V., Grogulenko V.V., Mihajlov P.G. Koltjubilgovye truby na osnove polimernyh materialov // Jekspozicija. Neft'. Gaz. 2014. no. 1 (33). pp. 62–64.

Рецензенты:

Лягов А.В., д.т.н., главный специалист отдела строительства скважин ООО «БашНИПИнефть», г. Уфа;

Исмаков Р.А., д.т.н., заведующий кафедрой бурения Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа.

Работа поступила в редакцию 12.02.2015.