УДК 621.643

Конструирование металлополимерных колтюбинговых труб для нефтяной и газовой промышленности

В.В. Шайдаков
д.т.н., профессор, директор[1]
v1v2sh50@yandex.ru

В.В. Грогуленко
аспирант[2]
grogulenko89@mail.ru

П.Г. Михайлов
аспирант[2]
pash_pash88@mail.ru

[1]ООО «Инжиниринговая компания «Инкомп-нефть», Уфа, Россия
[2]ОАО НПФ «Геофизика», Уфа, Россия

В статье предложены варианты конструкций колтюбинговых труб на основе полимерных материалов. Произведен расчет основных технических параметров труб. Определена область эксплуатации полученных металлополимерных колтюбинговых труб.

Материалы и методы
Проектирование образцов металлополимерной колтюбинговой трубы проводилось на основе конструкций металлополимерных трубопроводов производства компаний ООО «Инжиниринговая компания «Инкомп-нефть» и ОАО «ПсковГеоКабель». Первоначальное конструирование проводилось в программе «КОМПАС». Все расчеты велись в программе «Microsoft Office Excel».

Ключевые слова
колтюбинг, полимерные материалы, наклонно-направленные и горизонтальные участки скважин, нефтегазовая промышленность

Широкое применение колтюбинга в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах обусловлено в том числе и способностью гибкой трубы проникать в интервалы, в которые геофизический кабель и бурильные трубы проникнуть не имеют возможности [1]. Гибкость колтюбинговой трубы — это ее основное достоинство и, одновременно с этим, самое уязвимое место. Возникающие из-за циклических перегибов деформационные разрушения по телу трубы являются основной причиной ее выхода из строя [2]. Увеличение изгибной прочности стало возможным благодаря использованию в конструкции трубы металлополимерных материалов.

При конструировании образцов металлополимерной колтюбинговой трубы (МПКТ) за основу была взята стальная колтюбинговая труба внутренним диаметром 33 мм. В составе материала трубы сочетались в различных вариантах полимерный материал, стальная проволока, стальная лента и канаты. Наиболее перспективными оказались 11 вариантов конструкций, исследование которых продолжилось более глубоко [3]. Рассмотрим подробнее одну из смоделированных труб.

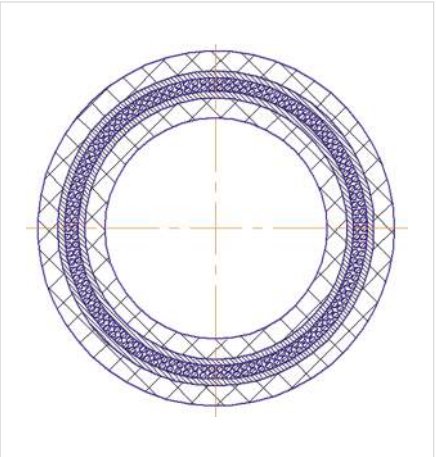

Рис. 1 — Образец МПКТ №1

Внутренний диаметр: 33 мм;

Наружный диаметр: 53 мм;

Компоненты: 2 слоя металлической ленты, 2 слоя повива проволоки, полимерный материал.

Прогнозная разрывная статическая нагрузка: 30109 кг;

Прогнозное разрывное внутреннее давление: 18 Мпа.

Образец №1 имеет маркировку КТ1-33/18 (КТ – колтюбинговая труба; 1 – тип конструкции; 33 – внутренний диаметр, мм; 18 – давление, МПа).

По результатам расчетов, удельная масса образца составляет 4,52 кг/м, разрывная нагрузка – 30109 кг, ориентировочная конечная стоимость трубы – 575 руб/м. Данные значения непропорционально распределены между составными компонентами трубы.

Анализ приведенных соотношений позволяет при дальнейшем проектировании создавать более эффективные конструкции, делая акцент на сильных свойствах каждого составного компонента.

На основе рассматриваемого образца был получен номенклатурный ряд труб той же конструкции с внутренними диаметрами от 10 до 105 мм. Рассчитанные основные параметры трубы представлены в таб. 1.

Условия эксплуатации полученных труб ограничены собственными физическими свойствами. В качестве критерия оценки запаса прочности трубы был введен коэффициент пропорциональности образцов (Кп), равный отношению разрывной нагрузки трубы к ее массе. Данный коэффициент зависит от длины колтюбинговой трубы. Чем больше значение коэффициента пропорциональности, тем больший запас прочности у трубы заданного размера. Расчеты проводились при условии вертикальной конструкции скважины.

По своим характеристикам металлополимерная колтюбинговая труба способна составить конкуренцию стальному колтюбингу. Ниже представлена таблица сравнения между трубой КТ1-20/18 и GT-70 производства

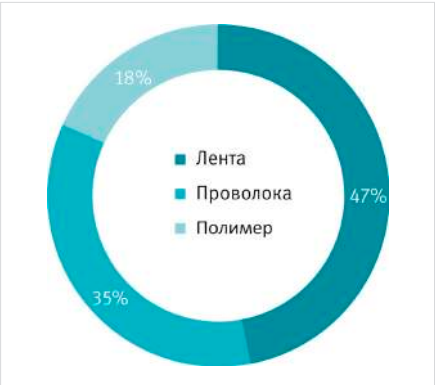

Рис. 2 — Распределение массы трубы КТ1-33/18 по компонентам

Рис. 3 — Распределение стоимости трубы КТ1-33/18 по компонентам

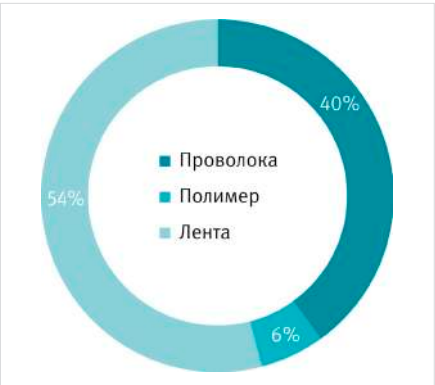

Рис. 4 — Распределение разрывной нагрузки трубы КТ1-33/18 по компонентам

компании Global Tubing USA [4].

В скважинных операциях, связанных с применением высокого давления, стальная колтюбинговая труба на сегодняшний день не имеет альтернативы. Однако в остальных видах работ трубы серии КТ имеют свои перспективы.

Учитывая, что спектр работ, выполняемых колтюбинговыми установками, постоянно расширяется, а условия работ сильно различаются и зависят от характеристик конкретной скважины, то нельзя однозначно прогнозировать возможность эксплуатации металлополимерных колтюбинговых труб в определенной скважинной операции без учета параметров самой скважины и условий проведения операции. Исходя из этого были произведены расчеты воспринимаемых трубами серии КТ нагрузок в скважинах с различными параметрами. Все образцы рассматриваемой серии труб с внутренними диаметрами от 10 до 105 мм были расчитаны на воспринимаемую нагрузку, давление жидкости внутри колтюбинга и внешнее давление. В качестве условий расчета брались вертикальные скважины глубиной от 200 до 4000 метров с уровнем жидкости в скважине от 0 до 80%. Отдельно учитывались условия подачи жидкости во внутреннем сечении колтюбинговой трубы, а также спуск незаполненной трубы. На основании прочностных характеристик труб и результатов расчетов получены предельные значения нагрузок, которые колтюбинговые трубы могут воспринимать в рассматриваемом ряде скважин.

Проделав аналогичные расчеты для труб всех одиннадцати вариантов конструкций (от КТ1 до КТ11), всех двадцати вариантов диаметров (от 10 до 105 мм), были получены все рассмотренные выше значения параметров для всех 220 итоговых вариантов металлополимерной колтюбинговой трубы.

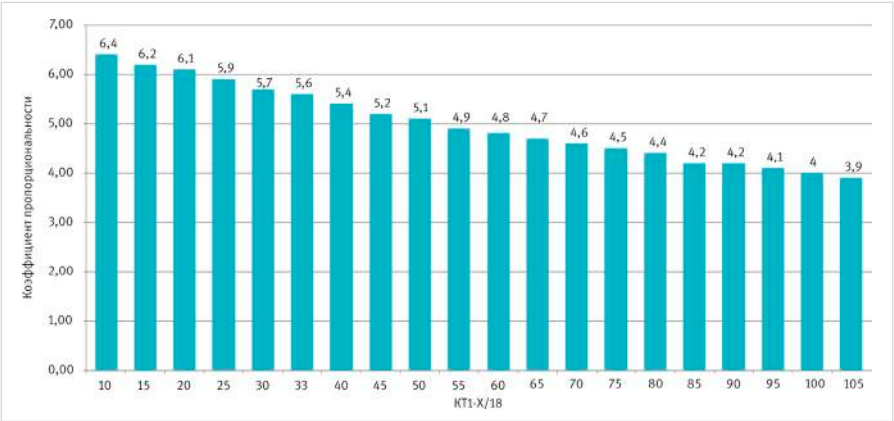

Рис. 5 — Значения коэффициента пропорциональности образцов при длине трубы 1000 метров

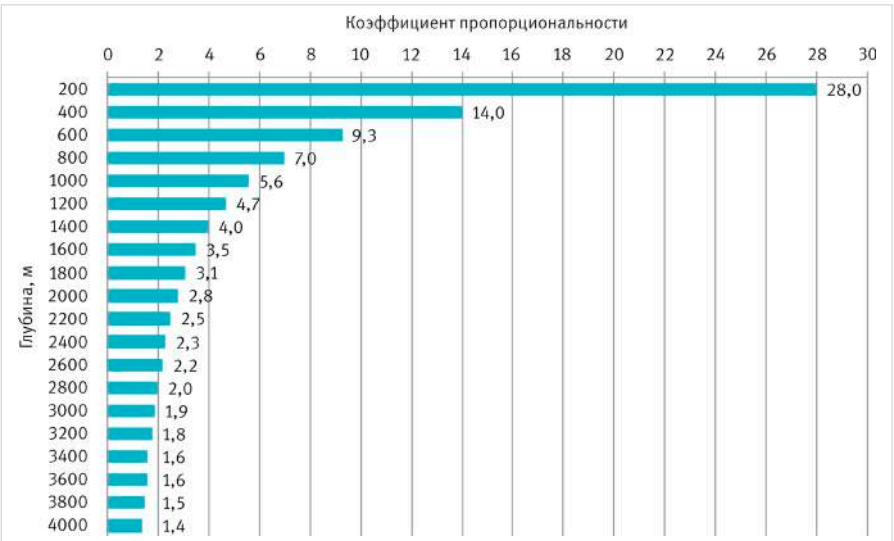

Рис. 6 — Значения коэффициента пропорциональности трубы КТ1-33/18 в зависимости от глубины спуска

КТ1

Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм	Удельная масса, кг/м	Статическая грузоподъемность, тонн	Динамическая грузоподъемность, тонн	Температура, °С	Давление, МПа	Стоимость, руб/м
10	10	30	2,10	14,0	11,7	90	18	267
15	10	35	2,63	17,5	14,6	90	18	334
20	10	40	3,15	21,0	17,5	90	18	401
25	10	45	3,68	24,5	20,4	90	18	468
30	10	50	4,20	28,0	23,3	90	18	535
33	10	53	4,52	30,1	25,1	90	18	575
40	10	60	5,26	35,0	29,2	90	18	668
45	10	65	5,78	38,5	32,1	90	18	735
50	10	70	6,31	42,0	35,0	90	18	802
55	10	75	6,83	45,5	37,9	90	18	869
60	10	80	7,36	49,0	40,8	90	18	936
65	10	85	7,88	52,5	43,8	90	18	1002
70	10	90	8,41	56,0	46,7	90	18	1069
75	10	95	8,93	59,5	49,6	90	18	1136
80	10	100	9,46	63,0	52,5	90	18	1203
85	10	105	9,99	66,5	55,4	90	18	1270
90	10	110	10,51	70,0	58,3	90	18	1337
95	10	115	11,04	73,5	61,3	90	18	1403
100	10	120	11,56	77,0	64,2	90	18	1470
105	10	125	12,09	80,5	67,1	90	18	1537

Таб. 1 — Параметры образцов трубы серии КТ1

По полученным параметрам каждой трубы под конкретные условия подбираются наиболее подходящие с технической стороны трубы, после чего выбирается наиболее экономически эффективная.

Широкое внедрение в промышленности новых видов полимеров, а также продолжающиеся исследования их свойств [5] будут способствовать переориентированию некоторой части нефтесервисных направлений на использование в том числе и металлополимерных колтюбинговых труб, которые за счет гибкости способны проникать в наклонно-направленные и горизонтальные интервалы скважин без критических последствий для своей структурной целостности. Область эксплуатации исследуемых труб распространится на такие скважинные работы, как удаление жидкости из газовых скважин, селективное воздействие на пласт, каротажные и ловильные работы, установка графитных фильтров. Очевидно, что в ряде скважинных операций трубы серии КТ могут заменить не только стальной колтюбинг, но и геофизический кабель.

Итоги

Проведено исследование металлополимерных колтюбинговых труб. Определены их технико-экономические параметры. Сделаны предположения о возможной области применения труб.

Выводы

Результаты исследований подтверждают высокие технические характеристики металлополимерных колтюбинговых труб. Прогнозируется, что область эксплуатации исследуемых труб распространится на такие скважинные работы, как удаление жидкости из газовых скважин, селективное воздействие на пласт, каротажные и ловильные работы, установка графитных фильтров. Очевидно, что в ряде скважинных операций трубы серии КТ могут заменить стальной колтюбинг или геофизический кабель.

Список используемой литературы

1. Вайншток 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.
2. Вайншток С.М. и др. Опыт эксплуатации установок с длинномерной трубой на барабане // Нефть и капитал. 1998. №1. С. 71.
3. Шайдаков В.В., Грогуленко В.В., Михайлов П.Г. Колтюбинговые трубы на основе полимерных материалов // Экспозиция Нефть Газ. 2014. №1(33). С. 62–64.
4. GT-70™ Coiled Tubing Technical Data Режим доступа: http://www.global-tubing.com/pdf/GT%2070%20Datasheet%20US.pdf
5. Марков А.В., Власов С.В. Принципы выбора полимерных материалов для изготовления изделий // Полимерные материалы. 2004. № 6-8.

Труба	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм	Удельная масса, кг/м	Грузоподъемность, тонн	Давление, МПа	Кп (1000 м)
КТ1-20/18	20	10	40	3,15	21,0	18	6.1
GT-70	20	2,7	25,4	1,46	11,5	93,6	7.9

Таб. 2 — Сравнительная таблица параметров труб КТ1-20/18 и GT-70

Design of metal-polymer coiled tubing pipes for oil and gas industry

UDC 621.643

Authors:
Vladimir V. Shaydakov — Sc.D., professor, director[1]; v1v2sh50@yandex.ru
Vladimir V. Grogulenko — postgraduate[2]; grogulenko89@mail.ru
Pavel G. Mikhailov — postgraduate[2]; pash_pash88@mail.ru

[1]Engineering company “Inkomp-neft” LLC, Ufa, Russian Federation
[2]JSC SPF “Geofizika”, Ufa, Russian Federation

Abstract

In the article were suggested variants of constructions of coiled tubing pipes based on polymer materials.
The basic technical parameters of pipes were calculated.
Exploitation’s area for metal-polymer coiled tubes was defined.

Materials and methods

Design of samples of metal-polymer coiled tubing pipe was based on the constructions of metal-polimer pipelines that are manufactured by companies "Engineering company "Inkomp-neft" and JSC "Pskovgeokabel".
Initial design was developed in the "Kompas" program. All calculations were made in the program “Microsoft Office Excel”.

Results

Metal-polymer coiled tubes were researched. Technical and economic parameters of these tubes were defined. Variants of sphere application were suggested.

Conclusions

The results confirm a high performance of metal-polymer coiled tubes. It is forecasted that the operation area of the tested tubes will be extend to such well work as removal of liquid from gas wells, a selective effect on the formation, logging and fishing operations, installation graphite filters. It is obvious that in a number of well operations CT series pipes can be replace by steel coiled tubing or geophysical cable.

Keywords

coiled tubing, polymeric materials, deviated and horizontal sections of wells, oil and gas industry

References

1. Vaynshtok S.M., Molchanov A.G., Nekrasov V.I., Chernobrovkin V.I. *Podzemnyy remont i burenie skvazhin s primeneniem gibkikh trub* [Underground repair and drilling with the using of coiled pipes]. Moscow: *Akademiya gornykh nauk*, 1999, 224 p.
2. Vaynshtok S.M. and others. *Opyt ekspluatatsii ustanovok s dlinnomernoy truboy na barabane* [Experience in operating of units with a long pipe on the drum]. *Neft’ i capital*, 1998, issue 1, pp. 71
3. Shaydakov V.V., Grogulenko V.V., Mikhaylov P.G. *Koltyubingovye truby na osnove polimernykh materialov* [Coiled tubing pipes based on polymeric materials]. *Exposition Oil Gas*, 2014, issue 1 (33), pp. 62–64.
4. GT-70™ Coiled Tubing Technical Data. Available at: http://www.global-tubing.com/pdf/GT%2070%20Datasheet%20US.pdf
5. Markov A.V., Vlasov S.V. *Printsipy vybora polimernykh materialov dlya izgotovleniya izdeliy* [Principles for selection of polymer materials for the manufacture products]. *Polimernye materialy*, 2004, issue 6–8.