

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-1.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/93TVN117.pdf>

Статья опубликована 22.03.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Грогуленко В.В. Моделирование приложения нагрузок на металлополимерные колтюбинговые трубы для нефтяной и газовой промышленности // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/93TVN117.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 621.643

Грогуленко Владимир Викторович

АО НПФ «Геофизика», Россия, Уфа¹

Аспирант

E-mail: Grogulenko89@mail.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=893553

Моделирование приложения нагрузок на металлополимерные колтюбинговые трубы для нефтяной и газовой промышленности

Аннотация. В статье приведены результаты исследования металлополимерных колтюбинговых труб. Исследования проводились посредством математического моделирования приложения нагрузок на трубы при помощи программных продуктов Ansys и Solidworks по методу конечных элементов. Используя различные возможности данных программ, были выявлены наиболее уязвимые интервалы и сечения металлополимерных колтюбинговых труб. К примеру, автором выявлено, что металлополимерная колтюбинговая труба, находящаяся в скважине с горизонтальным интервалом, неравномерно воспринимает действие внутреннего давления. Наиболее нагруженным является верхний участок трубы. Кроме того, в трубе создается инерционное усилие, направленное на выпрямление структуры трубы. Причем, в металлополимерной трубе это усилие создает статическое перемещение нижней части трубы. Наибольшее статическое перемещение при этом испытывает нижняя часть трубы, находящаяся в горизонтальном интервале. Также затронут вопрос стыковки двух металлополимерных труб между собой. Для соединения труб требуется соединительный элемент. Выявлено, что конструкция и свойства материала соединительного элемента напрямую влияют на технические параметры единой системы металлополимерных колтюбинговых труб и соединительного элемента. В итоге была предложена конструкция соединительного элемента, предусматривающая плавное увеличение внутреннего диаметра втулки соединительного элемента. В ходе исследований была подобрана оптимальная конструкция соединения, позволяющая сглаживать перепады напряжений в трубе, увеличивая прочность системы.

На основании результатов данного исследования, а также исходя из аналогичных исследований автора по данному направлению, делается вывод о перспективности применения металлополимерных колтюбинговых труб в таких скважинных работах как ликвидация

¹ 450099, г. Уфа, ул. Б. Бикбая, д. 35

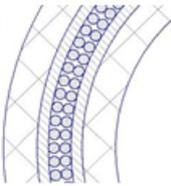
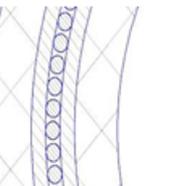
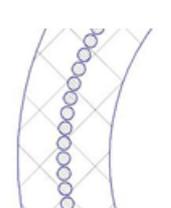
отложений в скважинах, обработка призабойной зоны скважин, вызов притока нефти (газа), промысловые геофизические исследования, удаление жидкости с забоя газовых скважин.

Ключевые слова: металлополимерные колтюбинговые трубы; колтюбинг; добыча нефти и газа; скважина

При проведении скважинных операций в наклонно-направленных и горизонтальных интервалах скважин спуск оборудования, приборов, инструмента осуществляется, как правило, посредством геофизического кабеля или на трубах (НКТ и непрерывная колтюбинговая труба). Геофизический кабель при своей высокой надежности и относительно невысокой стоимости обладает одним существенным недостатком. Невысокое значение жесткости кабеля не позволяет проникать в интервалы с большим зенитным углом, а если угол больше 60 градусов, то продвижение опускаемого оборудования, прибора становится невозможным.

В скважинах с большим углом наклона и в горизонтальных скважинах для этих целей наибольшее применение находят колтюбинговые трубы, имеющие большую изгибную жесткость. Несмотря на высокую стоимость эксплуатации, на сегодняшний день в ряде скважинных операций колтюбинговая труба за счет своих технологических параметров не имеет альтернативы применения. Однако, возникающие из-за циклических перегибов усталостные напряжения ограничивают срок службы колтюбинговых труб.

Объединение преимуществ колтюбинговых труб и геофизического кабеля предлагается достигнуть в металлополимерных колтюбинговых трубах (МПКТ). Металлополимерные колтюбинговые трубы - это трубы, состоящие из полимера, армированного проволокой и лентой [1, 2]. В ходе проводимых ранее исследованиях был смоделирован ряд конструкций МПКТ, каждая из которых была исследована. Было выявлено, что смоделированные конструкции МПКТ обладают достаточными характеристиками для проведения ряда скважинных работ и по своим параметрам составляют конкуренцию классическим стальным колтюбинговым трубам [3, 4, 5].

	<p>1</p> <p>Внутренний диаметр – 33 мм; Наружный диаметр - 53 мм; Составляющие элементы – два слоя металлической ленты, два слоя повива проволоки, полимерный материал.</p>		<p>2</p> <p>Внутренний диаметр – 33 мм; Наружный диаметр - 51 мм; Составляющие элементы – два слоя металлической ленты, один слой повива проволоки, полимерный материал.</p>
	<p>3</p> <p>Внутренний диаметр – 33 мм; Наружный диаметр - 51 мм; Составляющие элементы – один слой металлической ленты, два слоя повива проволоки, полимерный материал.</p>		<p>4</p> <p>Внутренний диаметр – 33 мм; Наружный диаметр - 53 мм; Составляющие элементы – два слоя металлической ленты, полимерный материал.</p>
	<p>5</p> <p>Внутренний диаметр – 33 мм; Наружный диаметр - 47 мм; Составляющие элементы – один слой металлической ленты, полимерный материал.</p>		<p>6</p> <p>Внутренний диаметр – 33 мм; Наружный диаметр - 47 мм; Составляющие элементы – один слой повива проволоки, полимерный материал.</p>

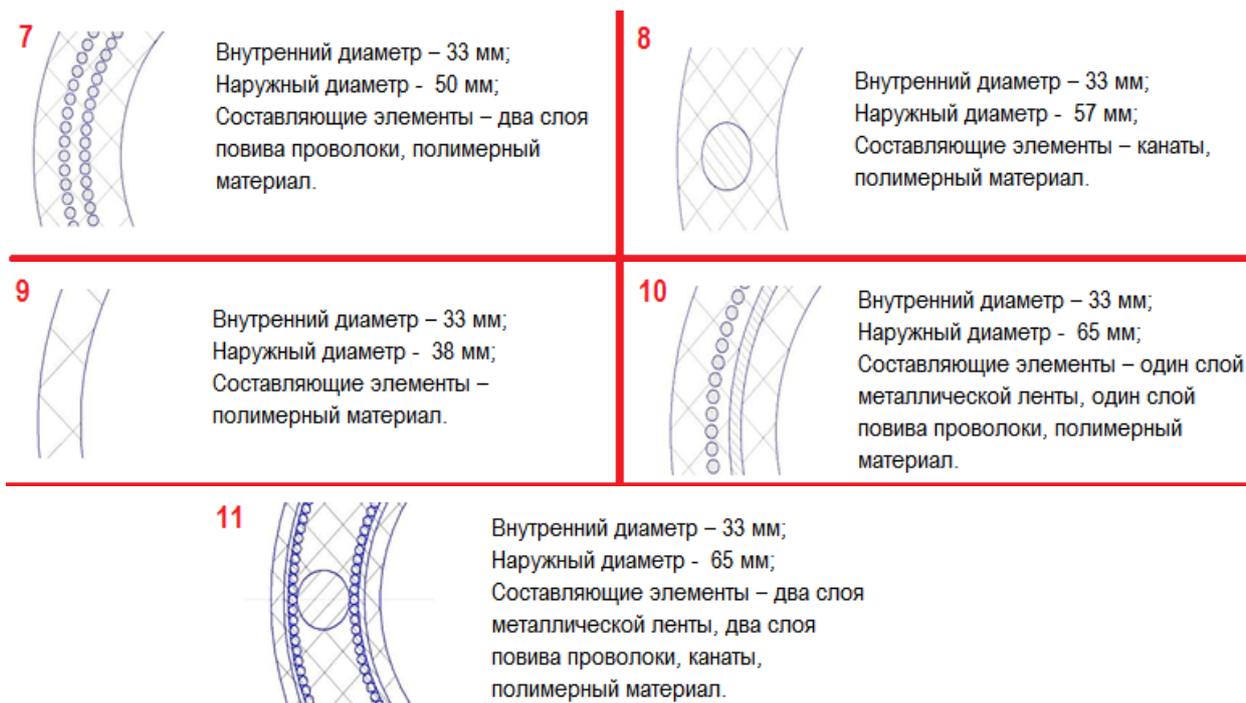


Рисунок 1. Варианты анализируемых конструкций металлополимерных колтюбинговых труб (разработано автором)

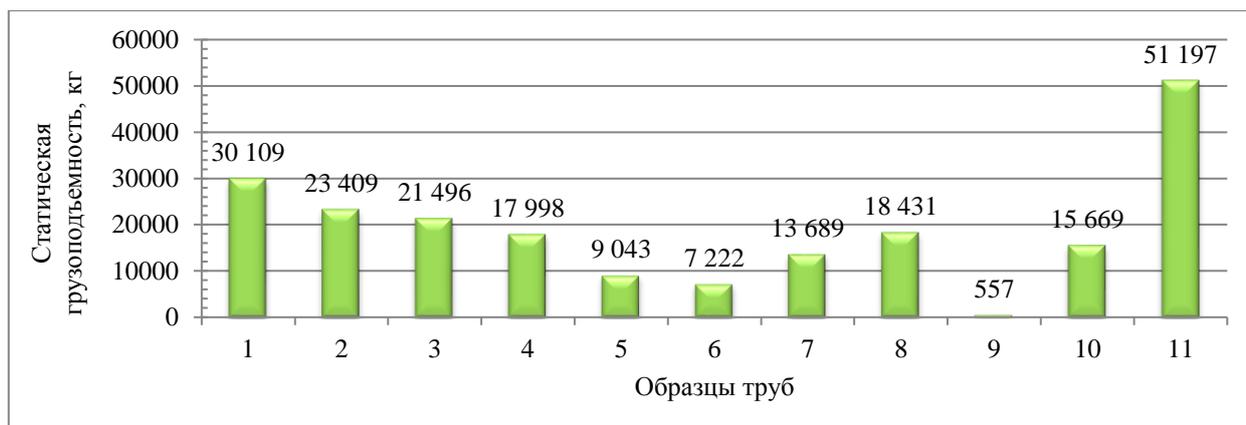


Рисунок 2. Значения статической грузоподъемности металлополимерных колтюбинговых труб (разработано автором)

Дальнейшим направлением исследования МПКТ стало моделирование применения металлополимерных колтюбинговых труб в типовых технологических операциях при капитальном ремонте скважин. Математическое моделирование проводилось в программах Ansys и Solidworks по методам конечных элементов. В ходе данных исследований можно определить реальные нагружения труб при конкретной скважинной операции, а также закономерности восприятия нагрузки металлополимерными колтюбинговыми трубами.

При моделировании были введены следующие исходные параметры. Материал полимера: полиэтилен (LDPE); материал ленты: сталь по ГОСТ 3660-73; материал проволоки: сталь по ГОСТ 3282-74. Положение МПКТ в скважине: а) вертикальное, б) горизонтальное, в) наклонно-направленное (вертикальный интервал, переходящий в наклонный под зенитным углом 80 градусов). Прикладываемые усилия: внутреннее давление в МПКТ - от 0 до 10 МПа, Наружное давление на МПКТ - от 0 до 10 МПа, Растягивающая нагрузка - от 0 до 500 кН,

Сжимающая нагрузка - от 0 до 500 кН. В ходе расчетов и моделирования также исходным условием было неразрушимое взаимодействие композитов внутри трубы.

Одновременное действие растягивающих и изгибающих нагрузок в совокупности с наружным и внутренним давлением жидкости на трубу было спрогнозировано путем расчетов по методам конечных элементов и по критерию статического перемещения. Были определены наиболее нагруженные сечения МПКТ, слабые места компонентов труб и ряд свойств МПКТ [6, 7].

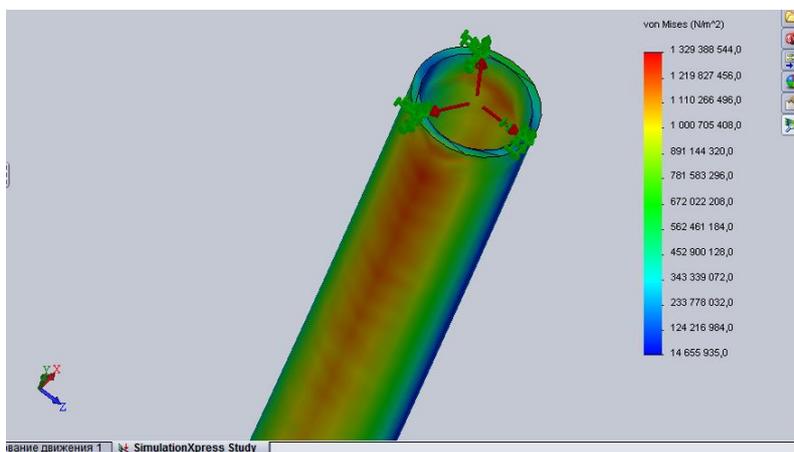


Рисунок 3. Деформация металлополимерной колтюбинговой трубы и наиболее нагруженные сечения по критерию von Mises (разработано автором)

Выявлено, что металлополимерная колтюбинговая труба, находящаяся в скважине с горизонтальным интервалом, неравномерно воспринимает действие внутреннего давления. Наиболее нагруженным является верхний участок трубы.

Кроме того, в трубе создается инерционное усилие, направленное на выпрямление структуры трубы. Причем, в металлополимерной трубе это усилие создает статическое перемещение нижней части трубы. Наибольшее статическое перемещение при этом испытывает нижняя часть трубы, находящаяся в горизонтальном интервале.

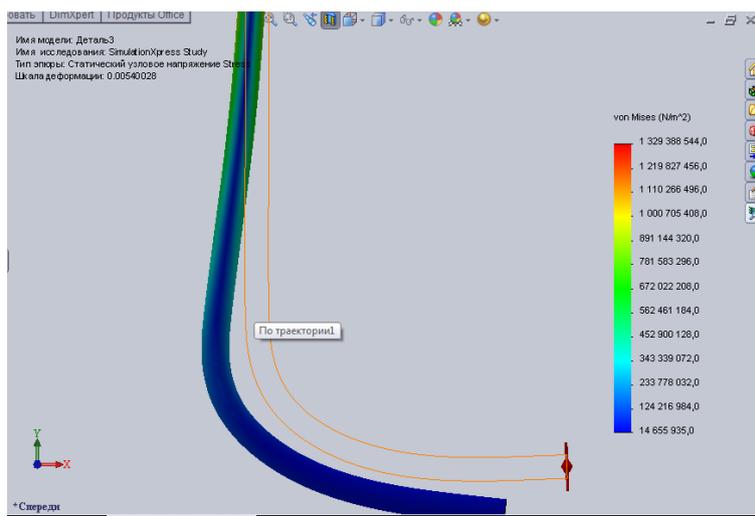


Рисунок 4. Деформация металлополимерной колтюбинговой трубы и наиболее нагруженные сечения по критерию von Mises (разработано автором)

Наибольшие нагрузки и деформацию в трубе с соединительным элементом либо с переходной муфтой воспринимает сечение трубы, на несколько сантиметров отдаленное от

соединения. Это обусловлено более текучими свойствами полимерного материала по сравнению со стальным соединительным элементом.

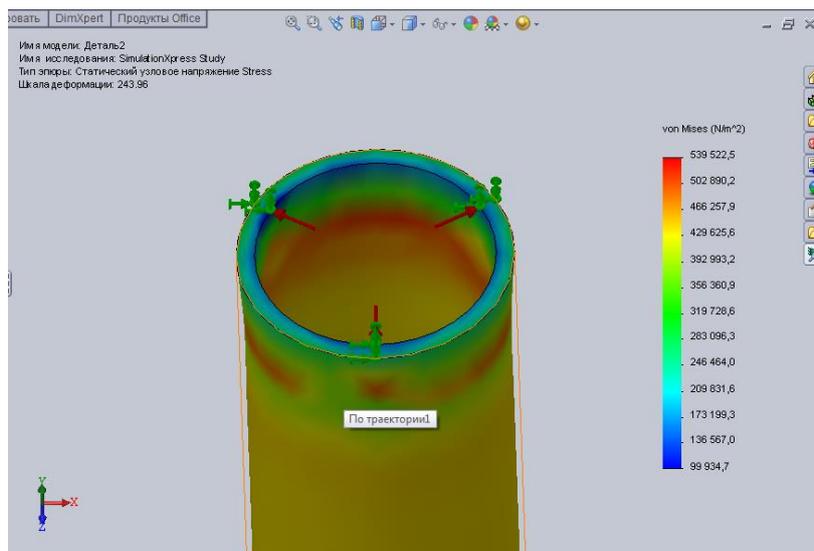


Рисунок 5. *Нагруженное состояние металлополимерной колтюбинговой трубы (разработано автором)*

Труба под действием внутреннего давления постепенно расширяется, создавая наиболее нагруженное сечение. При этом, действие растягивающей нагрузки в трубе, находящейся под давлением, уменьшается. Моделирование показало, что, нагнетая жидкость под давлением во внутреннюю полость трубы, можно изменять ее прочностные параметры.

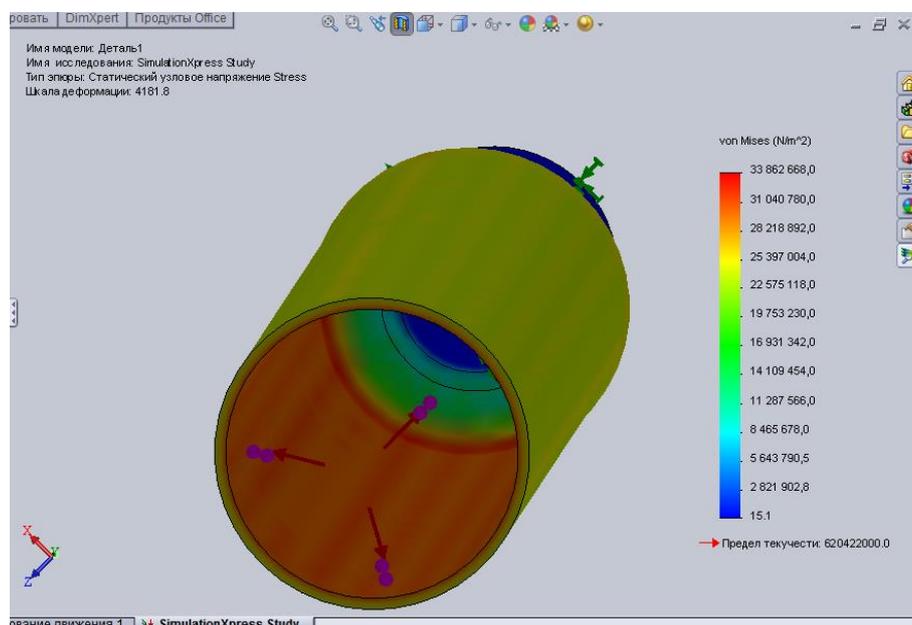


Рисунок 6. *Нагруженные сечения металлополимерной колтюбинговой трубы с соединительным элементом (разработано автором)*

На небольшом участке трубы происходит резкое нарастание напряжений в материале, в одном из сечений нагрузки достигают пика, и далее уменьшаются, после чего ниже по телу трубы нагрузки относительно постоянны. На наружном сечении такого пикового интервала не наблюдается.

Посредством программы Solidworks eDrawings Professional смоделированный процесс был визуализирован.

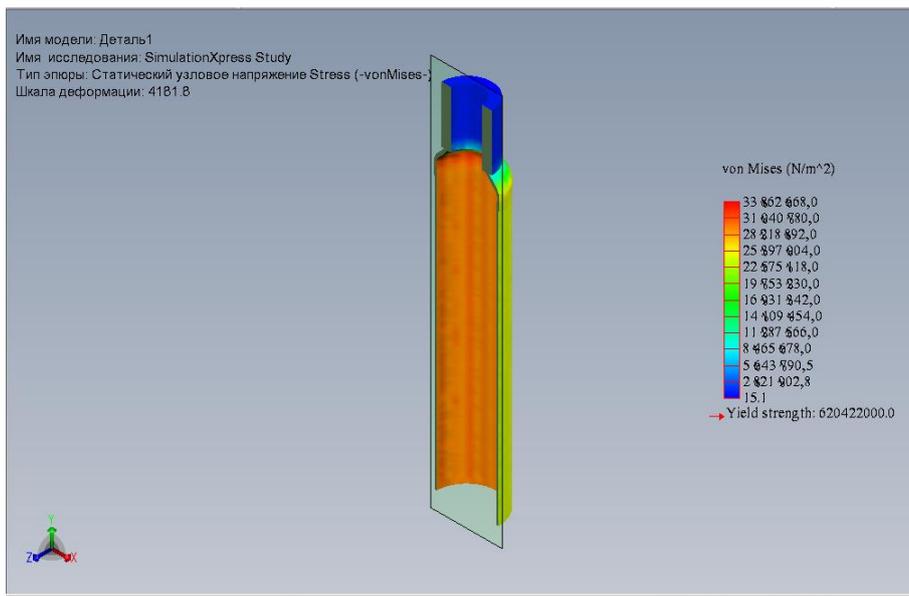


Рисунок 7. Визуализация действия нагрузок на материал металлополимерной колтюбинговой трубы (разработано автором)

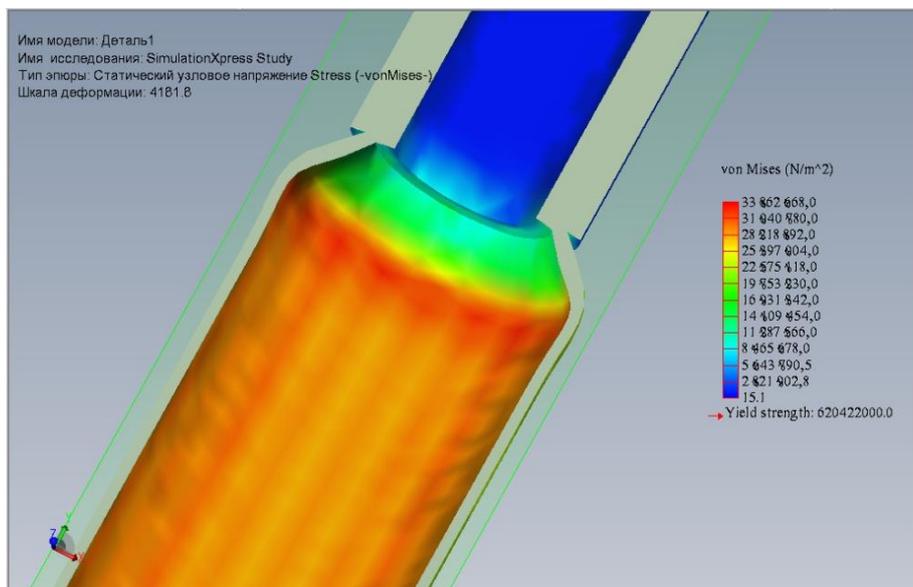


Рисунок 8. Визуализация действия нагрузок на материал металлополимерной колтюбинговой трубы (разработано автором)

По критерию статического перемещения элементов трубы (Displacement) были определены интервалы и сечения, наиболее подверженные деформации от действия внутреннего давления и растягивающей нагрузки.

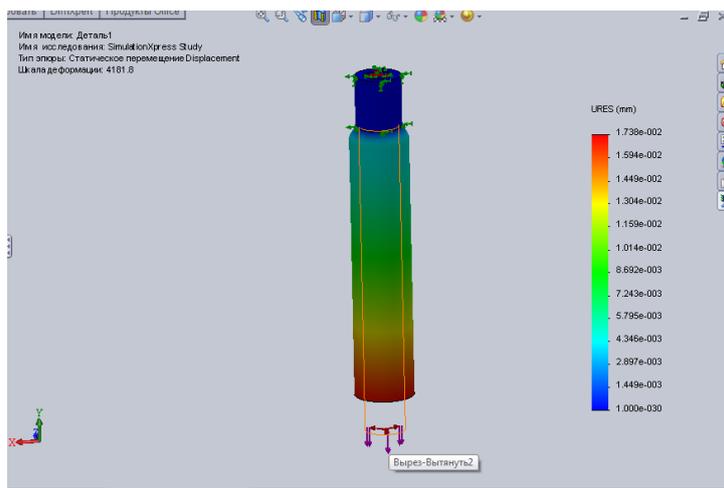


Рисунок 9. Участки металлополимерной колтюбинговой трубы, наиболее подверженные деформации от действия внутреннего давления и растягивающей нагрузки (разработано автором)

Наибольшее статическое перемещение испытывает нижний интервал трубы. Деформации в трубе возрастают пропорционально, увеличиваясь с верхней точки трубы до нижней.

Так как свойства МПКТ и стальной трубы различаются, то и соединительные элементы для МПКТ следует конструировать исходя из совершенно иных аспектов [8, 9]. Так как МПКТ более подвержена действию внутреннего давления, то соединительный элемент должен максимально сглаживать перепад напряжений по телу трубы. Результаты моделирования в программе Solidworks показывают, что наиболее «опасным» сечением металлополимерной колтюбинговой трубы является место, где труба выходит из соединительного элемента. Именно в этом месте наибольшая разность давлений. С целью усовершенствования конструкции соединительного элемента и сглаживания разности давлений была предложена конструкция соединительного элемента, предусматривающая плавное увеличение внутреннего диаметра втулки соединительного элемента. В ходе исследований была подобрана оптимальная конструкция соединения, позволяющая сглаживать перепады напряжений в трубе, увеличивая прочность системы.

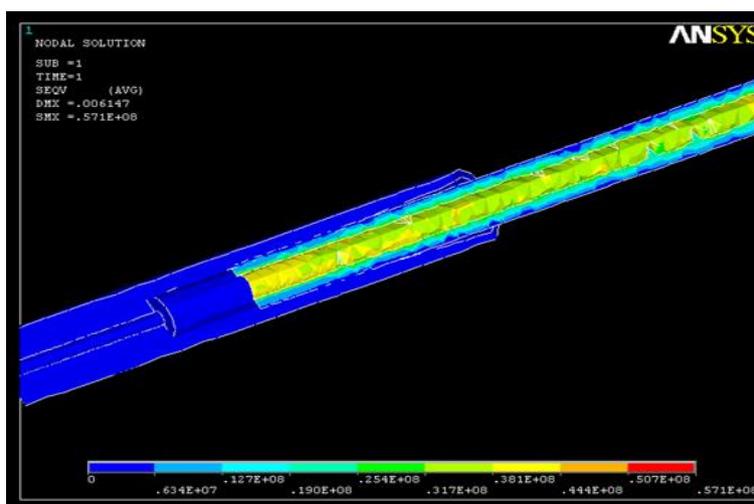


Рисунок 10. Напряженно-деформированное состояние металлополимерной колтюбинговой трубы с соединительным элементом (разработано автором)

В итоге, по результатам моделирования приложения нагрузок на металлополимерные колтюбинговые трубы были сделаны следующие выводы.

1. Посредством математического моделирования реального распределения нагрузок на МПКТ при выполнении типовых технологических операций при капитальном ремонте скважин выявлено, что рассчитанные прочностные параметры металлополимерных колтюбинговых труб позволяют проводить скважинные операции, рекомендованные на предыдущем этапе исследования [10], а именно:

1. Ликвидация отложений		2. Обработка призабойной зоны		3. Вызов притока нефти (газа) в скважинах		4. Промысловые геофизические исследования		5. Удаление жидкости с забоя газовой скважины	
A	Ликвидация солеотложений Tmax ингибитора = 60°C Pmax=18МПа	A	Закачка соляной кислоты (5%, 10%, 30%, 35%) Tmax=60°C Pmax=18МПа	A	A	A	A	A	A
	Ликвидация АСПО Tmax ингибитора = 60°C Pmax=18МПа		B						
B	Ликвидация АСПО Tmax ингибитора = 60°C Pmax=18МПа	C	Закачка бифторид фторида аммония Tmax=60°C Pmax=18МПа	B	B	A	A	A	A
C	Ликвидация песка, окалины, пропанта Tmax = 90°C Pmax=18МПа	D	Закачка уксусной кислоты Tmax=60°C Pmax=18МПа						
D	Удаление гидратов Tmax = 90°C Pmax=18МПа	E	Закачка бензолсульфокислоты Tmax=60°C Pmax=18МПа						
Стойкость к сероводороду:		Технический газообразный: T=20°C - Стоек; T=40°C - Стоек; T=60°C - Отн. Стоек Насыщенный водный раствор: T=20°C - Стоек; T=40°C - Стоек; T=60°C - Стоек							
Стойкость к нефти:		Нефть сырая: T=20°C - Стоек; T=40°C - Стоек; T=60°C - Стоек							

Рисунок 11. Скважинные операции, рекомендованные для проведения посредством металлополимерных колтюбинговых труб (разработано автором)

2. Процесс подачи жидкости в колтюбинговую трубу под давлением создает неравномерно нагруженные участки трубы. Если в верхнем участке трубы наибольшую скорость развивают струйки жидкости, текущие по вертикальной оси трубы, то в наклонном участке происходит увеличение скорости жидкости, текущей вдоль нижней стенки трубы. В горизонтальном участке нижний поток жидкости также течет быстрее верхнего, но граница потоков находится выше оси симметрии трубы.

3. Колтюбинговая труба, находящаяся в скважине с горизонтальным интервалом, неравномерно воспринимает действие внутреннего давления. Наиболее нагруженным является верхний участок трубы. Кроме того, в трубе создается усилие, направленное на выпрямление структуры трубы. В связи с этим дополнительной нагрузке подвергаются интервалы, расположенные также в верхней части трубы, в вертикальной плоскости, на стенке трубы, противоположной направлению изгиба трубы. Наибольшее статическое перемещение при этом испытывает нижняя часть трубы, находящаяся в горизонтальном интервале.

4. Наибольшие нагрузки и деформацию в трубе с соединительным элементом воспринимает сечение трубы, на несколько сантиметров отдаленное от соединительного элемента. Это обусловлено более текучими свойствами полимерного материала по сравнению со стальным соединительным элементом. Труба под действием внутреннего давления постепенно расширяется, создавая наиболее нагруженное сечение. При этом действие растягивающей нагрузки в трубе, находящейся под давлением, уменьшается. Моделирование показало, что нагнетая жидкость под давлением во внутреннюю полость трубы, можно изменять ее прочностные параметры.

5. Выявлена наиболее эффективная конструкция соединительного элемента между металлополимерными колтюбинговыми трубами, в котором внутреннее сечение следует выполнять в виде конуса, увеличивая диаметр на краях соединительного элемента. Это позволит сгладить разность давлений на стыке соединительного элемента и МПКТ, увеличив прочность всей системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.В. Шайдаков, В.В. Грогуленко, П.Г. Михайлов. Колтюбинговые трубы на основе полимерных материалов // Экспозиция Нефть Газ. - 2014 - №1 (33) - С. 62-64.
2. В.В. Шайдаков, П.Г. Михайлов, В.В. Грогуленко. Анализ проблем при ремонтных работах с использованием гибкой трубы в колтюбинговых установках // Нефть. Газ. Новации. - 2012 - №6 - С. 92-96.
3. Грогуленко В.В. Конструктивные и эксплуатационные параметры металлополимерных колтюбинговых труб // Фундаментальные исследования. - 2015 - №2-2 - С. 245-250.
4. В.В. Шайдаков, В.В. Грогуленко, П.Г. Михайлов. Конструирование металлополимерных колтюбинговых труб для нефтяной и газовой промышленности // Экспозиция Нефть Газ. - 2015 - №4 (43) - С. 68-70.
5. Грогуленко В.В. Металлополимерные колтюбинговые трубы для нефтяной и газовой промышленности. Монография // Изд-во: Palmarium Academic Publishing (Германия) - 2015 - 136 С.
6. Pittman, F.C., Harriman, D.W., and St. Cloud J.J. 1961. Investigation of Abrasive-Laden-Fluid Method For Perforation and Fracture Initiation. Journal of Petroleum Technology 13(5): 489:495.
7. Daniel I.M., Ishai O. Engineering Mechanics of Composite Materials New York, Oxford University Press, 1994, 395 p.
8. Шайдаков В.В., Паливода Р.Б., Людвиницкая А.Р., Драган Ф.В. Неустановившееся движение жидкости в трубопроводе малого диаметра при подаче реагента в скважину / Нефтяное хозяйство. №1. 2010. С. 100-102.
9. Людвиницкая А.Р., Шайдаков В.В., Паливода Р.Б., Шайдаков Е.В., Чернова К.В., Халилов А.А. // Повышение надежности металлополимерных трубопроводов с соединительными элементами / Территория нефтегаз, №10, 2011. - С. 12.
10. Грогуленко В.В. Область применения металлополимерных колтюбинговых труб // Интернет-журнал «Наукоедение», 2016 Том 8, №6 [Электронный ресурс]-М.: Наукоедение, 2016.

Grogulenko Vladimir Viktorovich

JSC Geophysics, Russia, Ufa
E-mail: Grogulenko89@mail.ru

Simulation of loads on metal coiled tubing pipes for the oil and gas industry

Abstract. The article presents the results of a study of metal coiled tubing pipe. The studies were conducted by mathematical simulation of load application on the pipe with the help of software Ansys and Solidworks finite element method. Using the various capabilities of these programs were identified the most vulnerable intervals and sections of metal coiled tubing pipe. For example, the author revealed that metal coiled tubing pipe in the horizontal well spacing, uneven perceives the action of internal pressure. The most loaded is the upper portion of the pipe. In addition, the tube creates an inertial force that is directed to the straightening of the pipe structure. Moreover, in metal-polymer pipe, this force creates a static movement of the bottom of the tube. Maximum static displacement at the same time experiencing the lower part of the pipe lying in a horizontal interval. Also considers the problem of joining two metal pipes together. For connection of pipes need connecting element. Revealed that the design and material properties of the connecting element directly affect the technical parameters of the unified system of metal coiled tubing pipe and coupling member. The result was the design of a connecting element providing for a gradual increase in the internal diameter of the sleeve of the connecting element. The studies were selected in the optimal joint design, allowing to smooth variations in stresses in the pipe, increasing the strength of the system. Based on the results of this study, and based on similar research in this area, the conclusion about the prospects of the use of metal coiled tubing pipe in such works as well as the elimination of deposits in wells, processing bottom-hole zone wells in the call flow of oil (gas) field geophysical investigations, removal of the fluid from downhole gas wells.

Keywords: metal-polymer coiled tubing pipes; coiled tubing; production of oil and gas; well