

В.Н. Протасов^{1,2}, Д.Ю. Дедков², О.О. Штырев¹

¹ НТЦ «Качество-Покрытие-Нефтегаз» (Москва, Россия).

² Кафедра машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина (Москва, Россия).

МЕТОД КОНТРОЛЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СПЛОШНОСТИ ВНУТРЕННЕГО ЗАЩИТНОГО ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ТРУБ НЕФТЯНОГО СОРТАМЕНТА ПОСЛЕ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА С ЗАДАННОЙ СТРЕЛОЙ ПРОГИБА ПРИ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЯХ У ПРОИЗВОДИТЕЛЯ И ПРИ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЯХ НА ПРОМЫСЛОВЫХ ПОЛИГОНАХ У ПОТРЕБИТЕЛЯ

В статье отмечается, что внутренняя изоляция труб нефтяного сортамента с защитным полимерным покрытием является перспективным направлением повышения энергетической эффективности, надежности, безопасности и технологичности сооружаемых из этих труб промышленных трубопроводов, колонн насосно-компрессорных, обсадных и бурильных труб. Указывается, что одной из важных характеристик внутреннего защитного полимерного покрытия является его диэлектрическая сплошность, характеризующая отсутствие сквозных дефектов. Показателем диэлектрической сплошности защитного полимерного покрытия является отсутствие его электрического пробоя при заданной величине напряжения. При этом покрытие должно обладать диэлектрической сплошностью не только в исходном состоянии, но и при различных внешних воздействиях на него на стадиях хранения и транспортирования труб с внутренним защитным полимерным покрытием, монтажа и эксплуатации промышленных трубопроводов или колонн труб в скважинах из этих труб. Наиболее опасным видом внешнего воздействия, способным нарушить диэлектрическую сплошность внутреннего полимерного покрытия, является поперечный изгиб труб на вышеуказанных стадиях их жизненного цикла. Это обуславливает необходимость проведения контроля диэлектрической сплошности внутреннего полимерного покрытия труб после их поперечного изгиба с требуемой стрелой прогиба производителем и потребителем труб нефтяного сортамента с внутренним защитным полимерным покрытием. В настоящее время на отечественных предприятиях по внутренней изоляции труб нефтяного сортамента полимерными покрытиями подобный контроль не проводится в связи с отсутствием соответствующей методики и технических средств контроля. Для решения данной проблемы в лаборатории конструирования полимерных покрытий нефтегазового оборудования и сооружений РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина разработаны установка и методика контроля диэлектрической сплошности внутреннего полимерного покрытия стальных труб нефтяного сортамента после поперечного изгиба с заданной стрелой прогиба в заводских условиях при приемо-сдаточных испытаниях и на трубных базах нефтяных компаний после опытно-промышленных испытаний на промысловых полигонах. Внедрение данного метода контроля позволит существенно повысить надежность промышленных трубопроводов, колонн насосно-компрессорных, обсадных и бурильных труб с защитными покрытиями.

Ключевые слова: внутренние полимерные покрытия, промышленный трубопровод, колонны труб, диэлектрическая сплошность, надежность, установка контроля, поперечный изгиб, методика контроля.

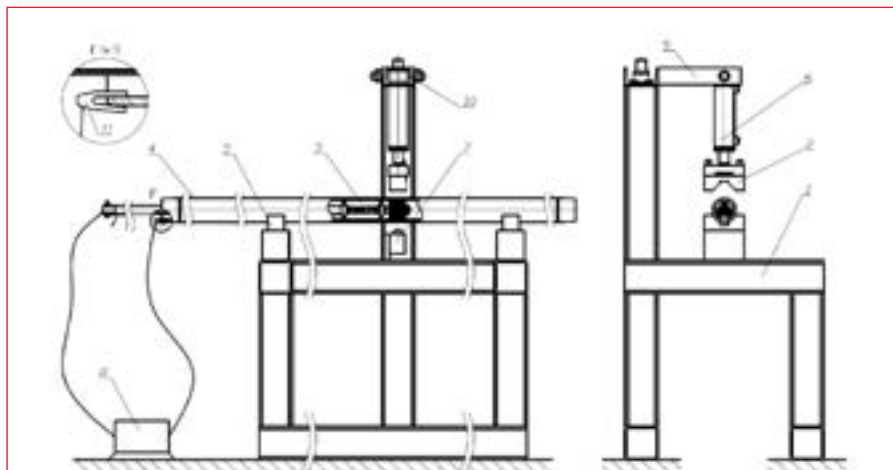


Рис. 1. Схема установки испытания труб с внутренним полимерным покрытием на поперечный изгиб с заданной стрелой прогиба: 1 – рама; 2 – нагрузочная призма; 3 – дефектоскоп; 4 – НКТ; 5 – опорная призма; 6 – гидроцилиндр; 7 – лазерный измеритель; 8 – блок контроля; 9 – поворотный кронштейн; 10 – крепление гидроцилиндра; 11 – клещи

Стальные трубы нефтяного сортамента с внутренним защитным полимерным покрытием находят все более широкое применение у нефтяных компаний для строительства промысловых трубопроводов, сооружения колонн насосно-компрессорных, обсадных, бурильных труб. Накопленный в нефтегазовой отрасли опыт их применения показывает, что внутреннее полимерное покрытие стальных труб нефтяного сортамента является перспективным направлением повышения их энергетической эффективности, надежности, безопасности и технологичности. Правильно подобранные материалы и конструкции внутреннего полимерного покрытия позволяют защитить трубную сталь от коррозионного разрушения, коррозионного и сульфидного растрескивания, коррозионной и сорбционной усталости, предотвратить на внутренней поверхности труб

образование значительных твердых отложений, выпадающих из транспортируемой среды, защитить трубы от гидроабразивного износа при воздействии потока жидкости, содержащей механические примеси, снизить гидравлическое сопротивление [1]. Одной из важных характеристик внутреннего полимерного покрытия труб нефтяного сортамента, определяющих его защитную способность, является диэлектрическая сплошность. При укладке строящегося промышленного трубопровода в траншею, при бурении наклонных скважин и боковых отводов скважин, при сооружении колонн насосно-компрессорных труб в наклонных скважинах и в боковых отводах скважин стальные трубы с внутренним защитным полимерным покрытием подвергаются значительному поперечному изгибу, что может вызвать растрескивание покрытия,

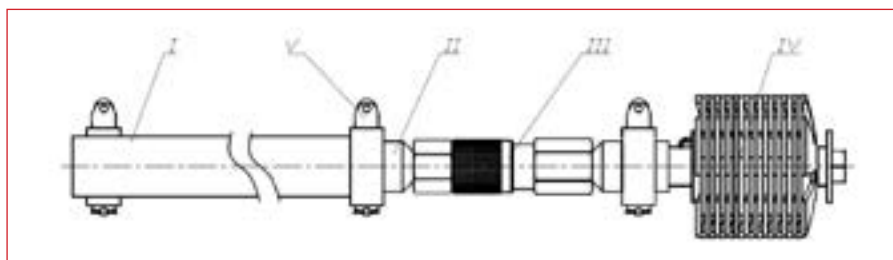


Рис. 2. Схема дефектоскопа: I – полая транспортирующая штанга; II – резьбовой переход; III – БРС; IV – токопроводящая резина; V – ролик

т.е. нарушить его диэлектрическую сплошность. Поэтому одной из важных характеристик внутреннего полимерного покрытия труб нефтяного сортамента является сохранение его диэлектрической сплошности при поперечном изгибе трубы при максимально возможной стреле ее прогиба на стадиях хранения, транспортирования, монтажа, использования по назначению.

Максимально возможная стрела прогиба трубы при поперечном изгибе определяется максимально допустимым напряжением в металле трубы σ_p , которое, согласно действующим стандартам [2, п. 2, пп. 2.8], не должно превышать $0,9\sigma_T$, где σ_T – предел текучести металла трубы. В настоящее время отсутствует метод контроля диэлектрической сплошности внутреннего полимерного покрытия труб при их поперечном изгибе с заданной стрелой прогиба, соответствующей максимально допустимому напряжению в металле труб на различных стадиях их жизненного цикла у потребителя. Существуют лабораторные методы контроля диэлектрической сплошности полимерного покрытия стальной пластины после ее поперечного изгиба с заданной стрелой прогиба, соответствующей напряжению в металле пластины $\sigma_p = 0,9\sigma_T$ [1]. Испытания на поперечный изгиб на пластинах недостаточно точно моделируют напряженно-деформированное состояние трубы. Подобные испытания можно проводить в лабораторных условиях при контроле качества материалов, разрабатываемых для внутреннего покрытия труб. Условия формирования покрытия на пластине существенно отличаются от условий его формирования на внутренней поверхности трубы. При полимеризации внутреннего полимерного покрытия трубы в промышленных сушильных камерах возможен перегрев покрытия, что повышает его хрупкость и, как результат этого, снижает сопротивление растрескиванию при последующем изгибе. Это обуславливает необходимость контроля

сопротивления внутреннего полимерного покрытия труб при поперечном изгибе с заданной стрелой прогиба при приемо-сдаточных испытаниях в заводских условиях. Не менее важно проводить контроль диэлектрической сплошности внутреннего покрытия труб нефтяного сортамента после опытно-промышленных испытаний на промысловых полигонах, позволяющих в отличие от лабораторных испытаний объективно оценить сохранение диэлектрической сплошности полимерного покрытия труб при реальных механических, физико-химических и тепловых воздействиях на них. В этом существенное преимущество промысловых полигонов, позволяющих объективно оценить надежность труб с покрытием. Для контроля диэлектрической сплошности внутреннего полимерного покрытия стальных труб нефтяного сортамента после поперечного изгиба в заводских условиях при приемо-сдаточных испытаниях

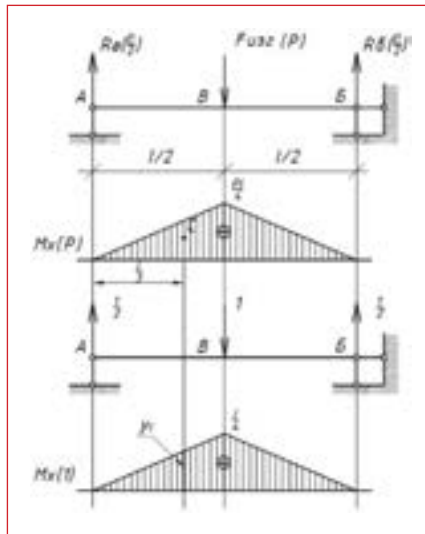


Рис. 3. Схема нагружения и эпюры нагрузок: $M_x(p)$ – грузовая эпюра; $M_x(1)$ – единичная эпюра

и на трубных базах нефтяных компаний после опытно-промышленных испытаний на промысловых полигонах в лаборатории конструирования полимерных покрытий нефтегазового оборудования и сооружений РГУ нефти и газа (НИУ)

имени И.М. Губкина была разработана установка, схема которой представлена на рисунке 1. Установка представляет собой жесткую сварную раму (1), на верхней плоскости которой смонтированы сменные призмы (5) для установки труб с внутренним защитным покрытием. Типоразмеры используемых призм определяются типоразмерами контролируемых труб. Для обеспечения горизонтальности и соосности призм предусмотрена соответствующая регулировка их относительного положения. На поворотном кронштейне (9) вертикальной стойки, установленной на опорной плите рамы (1), закреплен гидроцилиндр (6), на свободном конце штока которого установлена сменная нагрузочная призма (2), типоразмер которой определяется типоразмером контролируемых труб (4). На опорной плите рамы установлен соосно со штоком гидроцилиндра лазерный измеритель (7).



25–27
октября
2016

Москва
Крокус Экспо

16-я Международная
выставка
оборудования
для неразрушающего
контроля
и технической
диагностики

Организаторы



+7 (812) 380 6002/00
ndt@primexpo.ru



Забронируйте стенд:
ndt-russia.ru

0+

Таблица. Зависимость изгибающей нагрузки и стрелы прогиба от геометрических параметров НКТ

Ø НКТ нар. D, мм	Толщина стенки s, мм	Ø НКТ внутр. d, мм	Длина НКТ L, м	Расстояние между опорами l, м	Вылет НКТ а, м	Изгибающая нагрузка F _{изг} , кНм	Величина стрелы прогиба f _{max} , мм
48,3	4,0	40,3	10	3,4	3,3	2,50	70,5
48,3	5,0	38,3	10	3,4	3,3	2,94	70,5
48,3	6,5	35,3	10	3,4	3,3	3,47	70,5
48,3	8,0	32,3	10	3,4	3,3	3,88	70,5
63,0	5,0	53,0	10	3,4	3,3	5,38	54,1
63,0	6,5	50,0	10	3,4	3,3	6,50	54,1
63,0	7,5	48,0	10	3,4	3,3	7,14	54,1
63,0	8,5	46,0	10	3,4	3,3	7,71	54,1
73,0	5,5	62,0	10	3,4	3,3	8,04	46,7
73,0	7,0	59,0	10	3,4	3,3	9,61	46,7
73,0	8,0	57,0	10	3,4	3,3	10,53	46,7
73,0	9,0	55,0	10	3,4	3,3	11,36	46,7
73,0	10,0	53,0	10	3,4	3,3	12,10	46,7
73,0	10,5	52,0	10	3,4	3,3	14,74	46,7

Контроль диэлектрической сплошности покрытия осуществляется дефектоскопом (3), установленным на транспортирующей штанге.

В комплект установки входит блок контроля (8), предназначенный для создания испытательного электрического напряжения на головке дефектоскопа (3) и регистрации диэлектрического пробоя покрытия. Принцип действия блока контроля основан на преобразовании электрических сигналов, фиксируемых блоком контроля, в сигналы звуковой и световой сигнализации.

На рисунке 2 представлена схема дефектоскопа, основными элементами которого являются: головка (IV) с лепестками токопроводящей резины и транспортирующая штанга (I), состоящая из алюминиевых труб, соединяемых с помощью быстроразъемного соединения, получившего название БРС (III). Транспортирующая штанга предназначена для крепления головки дефектоскопа требуемого типоразмера и перемещения этой головки внутри трубы в зону контроля. Конструкция БРС предусматривает соединение разъемов электропроводов, расположенных внутри алюминиевых труб и обеспечивающих подачу требуемой величины

напряжения на лепестки головки дефектоскопа. На транспортирующей штанге установлены ролики (V), исключающие повреждение внутреннего полимерного покрытия при ее перемещении.

Установка работает следующим образом (рис. 1). Трубу (5) устанавливают с помощью подъемника на опорные поверхности установочных призм (6). С помощью лазерного измерителя (7) контролируют исходное положение крайней нижней точки поверхности трубы и заносят результаты контроля в журнал испытаний. Затем включают гидропривод, обеспечивающий осевое перемещение штока гидроцилиндра (6) с нагрузочной призмой (2) на его конце, которая создает изгибающую нагрузку на трубу, вызывающую ее поперечный прогиб.

Требуемую величину стрелы прогиба определяют в следующей последовательности [3, с. 96–98]:

1) рассчитывают максимальный изгибающий момент, соответствующий величине напряжений в стали, равной $0,9\sigma_T$, по следующей формуле:

$$|M_x^{\max}| = \frac{\sigma_T \cdot 0,9 \cdot W_x}{n_T}, \quad (1)$$

где σ_T – предел текучести стали;

W_x – осевой момент сопротивления сечения трубы;

n_T – коэффициент запаса, равный 1,4 [4];

2) рассчитывают силу реакции опоры:

$$R_{A,B} = M_x^{\max} / \frac{l}{2}, \quad (2)$$

где M_x^{\max} – максимальный изгибающий момент при напряжении, равном $0,9\sigma_T$;

l – расстояние между опорами;

3) рассчитывают изгибающую нагрузку, которую необходимо приложить к трубе, для создания напряжения в стали, равного $0,9\sigma_T$:

$$F_{изг} = 2 \cdot R_A; \quad (3)$$

4) строят эпюры изгибающих нагрузок: единичной и грузовой (рис. 3);

5) рассчитывают величину стрелы прогиба трубы по формуле:

$$f_{\max} = f_c = \frac{\Omega[M_x(p)] \cdot y_c[M_x(1)]}{EI_x}, \quad (4)$$

где $\Omega[M_x(p)]$ – площадь грузовой эпюры;

$y_c[M_x(1)]$ – ордината единичной эпюры под центром площади грузовой эпюры;

E – модуль упругости стали сердцевинной трубы;

I_x – осевой момент инерции сечения трубы.

В таблице в качестве примера приведены требуемые значения нагрузки ($F_{изг}$) при поперечном изгибе насосно-компрессорных труб нагружающей призмой в зависимости от рассчитанной величины стрелы прогиба (f_{max}) и геометрических размеров (D, s, d, L) контролируемых труб с внутренним защитным покрытием.

В процессе поперечного изгиба трубы на призмах стрела прогиба непрерывно фиксируется лазерным измерителем. При достижении требуемой заранее рассчитанной величины стрелы прогиба нагружение трубы прекращают и нагружающую призму возвращают в исходное положение. Величину

стрелы прогиба записывают в журнале испытаний.

Для проведения контроля диэлектрической сплошности внутреннего покрытия трубы после ее поперечного изгиба с заданной стрелой прогиба дефектоскоп вводят внутрь испытываемой трубы до места измерения стрелы прогиба. Затем включают блок контроля для подачи требуемой величины электрического напряжения на лепестки головки дефектоскопа [4]. Нарушение диэлектрической сплошности контролируемого покрытия сопровождается звуковыми и световыми сигналами от блока контроля.

По результатам контроля делается заключение о сохранении диэлектрической сплошности внутреннего защитного покрытия трубы

после ее поперечного изгиба с максимально возможной стрелой прогиба на различных стадиях жизненного цикла у потребителя. Использование разработанной установки для контроля диэлектрической сплошности внутреннего полимерного покрытия стальных труб нефтяного сортамента после поперечного изгиба с заданной стрелой прогиба в заводских условиях при приеме-сдаточных испытаниях и на трубных базах нефтяных компаний после опытно-промышленных испытаний на промысловых полигонах позволит существенно повысить надежность промысловых трубопроводов, колонн насосно-компрессорных, обсадных и бурильных труб с внутренним защитным полимерным покрытием.

Литература:

1. Протасов В.Н. Теория и практика применения полимерных покрытий в оборудовании и сооружениях нефтегазовой отрасли. М.: Недра, 2007. 375 с.
2. ГОСТ 8696-74 Трубы стальные электросварные со спиральным швом общего назначения. Технические условия.
3. Скопинский В.Н., Захаров А.А. Сопротивление материалов: Учебное пособие. Ч. 1. М.: МГИУ, 2001. 135 с.
4. Д 39-0147014-217-86 Инструкция по эксплуатации насосно-компрессорных труб.

Galoplen

в отрасли с 2004г.

коррозия не пройдет!



«ГАЛОПЛЕН» – ПОКРЫТИЕ ВЫСОКОЙ СТОЙКОСТИ

С 2004 г. покрытие «Галоплен» применяется при капитальном ремонте технологических коммуникаций подземного базирования (переходы «земля – воздух», площадки крановых узлов, фасонные детали сложной конфигурации, технологические трубопроводы) компрессорных станций ООО «Газпром трансгаз Москва». Мониторинг покрытия на протяжении длительного времени эксплуатации показал, что покрытие обладает высокими эксплуатационными показателями и не требует ремонта. Подробно о «Галоплен» на сайте: galoplen.ru



ООО «ПКМ» с 2004 года специализируется на разработке, производстве и поставке на объекты ПАО «Газпром» отечественных материалов для противокоррозионного покрытия «Галоплен» подземного базирования, а с 2013 года и атмосферостойкого покрытия «ЭКАУ». Осуществляет техническое сопровождение технологии нанесения покрытий и обучение технического персонала правилам и приемам производства работ.



Высокая технологическая дисциплина, четкая организация работ и система контроля качества позволяет нам в короткие сроки решать вопросы производства материалов и их поставки на объекты Заказчика.

ООО «ПКМ» 124460, г. Москва, Зеленоград, 3-й Западный пр., д. 17, стр. 6
+7 (495) 979-03-14 info@galoplen.ru www.galoplen.ru