

# 4

## АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ОАО «ГАЗПРОМ» к наружным покрытиям на основе терморезистивных материалов для антикоррозионной защиты труб, соединительных деталей, запорной арматуры и монтажных узлов трубопроводов с температурой эксплуатации от минус 20°C до плюс 100°C

Протасов В.Н.  
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

Надежность газопроводов в значительной степени определяется качеством их наружного противокоррозионного покрытия.

Технические требования, определяющие требуемое качество наружного покрытия труб, используемых для строительства газопроводов, сформулированы в ряде достаточно широко известных стандартов, в частности ГОСТ Р 51164 (РФ), DIN 30670 (ФРГ), DIN 30671 (ФРГ), NFA 49710 (Франция) и др. На основании анализа специфики условий работы наружного покрытия труб и механизма его разрушения на стадиях строительства и эксплуатации газопроводов автором данной статьи было показано, что содержащиеся в этих требованиях показатели, нормы на них и методы испытаний в большинстве своем не обуславливают способность покрытия выполнять свое назначение в течение регламентированного срока службы, а наоборот предопределяют неправильный выбор покрытия как по качеству, так и по стоимости.[ 1 ]

В последние годы ООО «ВНИИГАЗ» разработал отраслевые технические

требования к наружному покрытию труб и соединительных деталей, используемых для строительства газопроводов, которые по мнению разработчиков являются более совершенными по сравнению с содержащимися в ГОСТ Р 51164 и определяют необходимое качество покрытия. Проведенный автором статьи анализ этих требований, в частности технических требований к наружным покрытиям на основе терморезистивных материалов для антикоррозионной защиты труб, соединительных деталей, запорной арматуры и монтажных узлов трубопроводов с температурой эксплуатации от минус 20°C до плюс 100°C, показал, что им также присущи существенные недостатки.

Например, показатели качества покрытия подменяются показателями качества материалов, используемых для его формирования, что не одно и то же. Как видно из данных табл.1, такие показатели качества покрытия, как прочность

**Таблица 1. Технические требования к наружным покрытиям на основе терморезактивных материалов для антикоррозионной защиты труб и соединительных деталей со сроком действия до 2010 г., разработанные ООО «ВНИИГАЗ»**

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
Внешний вид покрытия	Однородная поверхность без пузырей, трещин, отслоений, пропусков и других дефектов, ухудшающих качество покрытия	Визуальный осмотр
Диэлектрическая сплошность покрытия. Отсутствие пробоя при электрическом напряжении, кВ/мм	5	Искровой дефектоскоп
Прочность при ударе, Дж/мм, не менее при температурах: минус (30±3)°С, плюс (20±5)°С, плюс (40±3)°С	5 (3)*	ГОСТ Р 51164 Приложение А
Адгезия к стали методом отрыва, МПа, для всех типов покрытий не менее, при температуре (20±5)°С	7	ИСО 4624:2000 ГОСТ 14760
Снижение адгезии стали после выдержки в воде в течение 1000 ч., в % от исходной величины, не более, при температурах: (40±3)°С (для Пк-40) (60±3)°С (для Пк-60) (80±3)°С (для Пк-80) (95±3)°С (для Пк-100)	30 40 50 50	ИСО 4624:2000 ГОСТ 14760
Площадь отслаивания покрытия при поляризации, см <sup>2</sup> , не более, (20±5)°С 30 суток (Пк-40, Пк-60, Пк-80, Пк-100) (60±3)°С 7 суток (для Пк-40) (80±3)°С 7 суток (для Пк-60) (95±3)°С 7 суток (для Пк-80) (95±3)°С 15 суток (для Пк-100)	8 10 10 10 10	ГОСТ Р 51164 Приложение В (Схема В.4.2)
Переходное сопротивление покрытия, Ом·м <sup>2</sup> , не менее - исходное (для всех типов покрытий) - после 100 суток выдержки в 3%-ном водном р-ре NaCl при температуре (60±3)°С (для Пк-40, Пк-60) - после 100 суток выдержки в 3%-ном водном р-ре NaCl при температуре (80±3)°С (для Пк-80) - после 100 суток выдержки в 3%-ном водном р-ре NaCl при температуре (95±3)°С (для Пк-100) - после 100 суток термостарения при (80±3)°С и последующей выдержки в 3%-ном водном р-ре NaCl в течение 10 суток при температуре (60±3)°С (для Пк-80) - после 100 суток термостарения при (100±3)°С и последующей выдержки в 3%-ном водном р-ре NaCl в течение 10 суток при температуре (60±3)°С (для Пк-100)	10 <sup>8</sup> 10 <sup>7</sup> 10 <sup>7</sup> 10 <sup>7</sup> 10 <sup>6</sup> 10 <sup>6</sup>	ГОСТ Р 51164 Приложение Г
Сопротивление пенетрации (вдавливанию) - при температуре 20°С, мм, не более (все типы) в % от исходной толщины: - при температуре (40±3)°С (для Пк-40) - при температуре (60±3)°С (для Пк-60) - при температуре (80±3)°С (для Пк-80) - при температуре (100±3)°С (для Пк-100)	0,3 мм 20 20 25 30	ГОСТ Р 51164 Приложение Е
Влагопоглощение (водопоглощение) через 1000 часов, %, не более - при температуре (40±3)°С (для Пк-40) - при температуре (60±3)°С (для Пк-60) - при температуре (80±3)°С (для Пк-80) - при температуре (90±3)°С (для Пк-100)	5 5 8 8	ГОСТ 4650
Прочность при разрыве, МПа, не менее, при температуре (20±5)°С	8 (12)*	
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее, при температуре (20±5)°С	20 (5)*	
Стойкость покрытия к отслаиванию при термоциклировании для всех типов покрытий, количество циклов без отслаивания и растрескивания покрытия, не менее, в интервале температур от минус (60±5)°С до плюс (20±5)°С	10**	
Поры на срезе покрытия, проведенном под углом (35±5)° при 3–5 кратном увеличении	Отсутствие пор на границе между металлом и покрытием	ГОСТ Р 51164

\* – без скобок приведено значение показателя для покрытий на полиуретановой основе, в скобках – для покрытий на эпоксидной основе;

\*\* – только для условий заводского (базового) и трассового нанесения в районах Крайнего Севера;

при разрыве (пункт 10) и относительное удлинение при разрыве (пункт 11), определяемые согласно ГОСТ11262 на свободной полимерной пленке, являются показателями качества используемых материалов, а не покрытия. Показателем качества наружного покрытия труб является сохранение его диэлектрической сплошности при заданной величине деформации металла с покрытием или при заданной величине контактной нагрузки на покрытие. Норма на величину деформации металла с покрытием должна соответствовать максимальной величине деформации металла труб с покрытием при транспортировании, строительстве и эксплуатации трубопровода, а норма на величину контактной нагрузки должна соответствовать максимальной контактной нагрузке, действующей на трубу с наружным покрытием при эксплуатации. Эти нормы не зависят от материалов, используемых для формирования покрытия, в отличие от данных, приведенных в анализируемых технических требованиях.

Методика определения численного значения нормы на деформацию металла трубы с покрытием, при которой не должно происходить растрескивание покрытия, и метод контроля соответствия фактических деформационных характеристик покрытия трубы из различных материалов этой норме опубликованы автором статьи в работе [ 2 ].

Неясно, чем руководствовались разработчики рассматриваемых технических требований, используя в качестве показателя качества полиуретанового и эпоксидного покрытия прочность при разрыве пленки из материала покрытия. Данный показатель применим для конструкционных материалов, а не для полимерной пленки, сформированной на жесткой металлической подложке и связанной с ней силами адгезии. Наружное покрытие подземных трубопроводов воспринимает при эксплуатации действие значительных контактных нагрузок, способных вызвать нарушение его диэлектрической сплошности, вследствие растрескивания. Поэтому, как отмечалось выше, одним из показателей качества покрытия является сохранение его диэлектрической сплошности при заданной норме контактной нагрузки.

Согласно пункта 3 рассматриваемых технических требований показателем

качества покрытия является прочность при ударе, оцениваемая в Дж/мм. Следует отметить, что авторы путают прочность с энергией удара, измеряемой в указанных единицах. Кроме того, показателем качества покрытия в данном случае является не его прочность при ударе, а сохранение диэлектрической сплошности покрытия при заданной энергии удара. При этом норма на энергию удара определяется внешними воздействиями на покрытие и не зависит от толщины покрытия и материалов, используемых для его формирования.

Из вышеприведенных данных следует, что пункты 3, 10 и 11 технических требований ОАО «ГАЗПРОМ» следует объединить в один пункт, т.е. показателем качества покрытия является его диэлектрическая сплошность, которая должна обеспечиваться в исходном состоянии и после, в соответствии с заданными нормами, работы удара, деформации металла с покрытием и воздействия контактной нагрузки.

В пунктах 3 и 4 анализируемых технических требований приведены нормы на исходную адгезию покрытия при  $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$  и допустимое ее изменение в % после воздействия водной среды при различных температурах. Необходимо отметить, что адгезия это свойство покрытия образовывать связи с металлом, а показателем является адгезионная прочность, оцениваемая в соответствии со стандартами, приведенными в рассматриваемых технических условиях. При этом нормы на адгезию и степень ее изменения в модельной среде на заданной базе времени должны назначаться исходя из условия обеспечения требуемого противокоррозионного действия покрытия, определяемого допустимой скоростью подпленочной коррозии, и регламентированного срока службы покрытия в конкретных эксплуатационных условиях. Согласно технических требований ООО «ВНИИГАЗ» регламентированный срок службы должен быть не менее 25 лет. К сожалению взаимосвязь между регламентированным сроком службы покрытия и назначенными нормами на исходную адгезионную прочность покрытия и степень ее изменения на заданной базе времени выдержки в модельной среде при разных температурах в рассматриваемых технических требованиях отсутствует. Как отмечалось выше разработчики технических требований назначают нормы на показате-

ли качества покрытия исходя из фактических характеристик применяемых материалов при разных температурах, а не из требуемого качества покрытия, что недопустимо.

Методика определения численных значений рассматриваемых норм исходя из требуемого противокоррозионного действия и регламентированного срока службы наружного покрытия труб, а также метод контроля соответствия фактических адгезионных характеристик покрытия трубы этим нормам опубликованы автором статьи в работе [ 3 ].

В пункте 6 технических условий приводится в качестве показателя качества наружного покрытия площадь отслаивания при поляризации и содержится норма на нее, зависящая от температуры испытаний. По мнению автора статьи отсутствие взаимосвязи между регламентированным сроком службы покрытия по критерию «время до отслаивания при катодной поляризации» и площадью отслаивания покрытия на заданной базе времени в условиях катодной поляризации делают бессмысленными как сам показатель, так и назначенную авторами норму на него.

Объективным показателем качества покрытия в этом случае является энергия активации процесса адгезионного разрушения, определяющая способность покрытия сопротивляться отслаиванию при катодной поляризации в течение регламентированного срока службы. Методика назначения нормы на этот показатель рассмотрена автором в работе [ 4 ].

К числу показателей качества наружного покрытия, согласно пунктов 8 и 9 рассматриваемых технических требований, относятся влагопоглощение (водопоглощение) и переходное сопротивление покрытия, определяющие его сорбционную способность по отношению к водной среде, а следовательно баггерное действие по отношению к защищаемому металлу.

Нормы на эти показатели разработчики технических условий назначили без учета их взаимосвязи с допустимой скоростью коррозии защищаемого металла труб в течение регламентированного срока службы покрытия, что недопустимо. Неясно также, почему значения этих норм зависят от температуры. Ведь значения указанных норм обуславливаются до-

пустимой скоростью подпленочной коррозии защищаемого металла, а не фактическими характеристиками применяемых материалов, зависящими от температуры.

Согласно пункта 8 рассматриваемых технических требований одним из показателей качества наружного покрытия труб является его сопротивление пенетрации (вдавливанию). Следует отметить, что сопротивление вдавливанию это свойство покрытия, а показателем является изменение толщины покрытия при заданной контактной нагрузке. Неясно, почему норма на этот показатель зависит от температуры. Значение этой нормы определяется допустимым уменьшением толщины покрытия, при котором оно выполняет требуемое противокоррозионное действие, определяемое допустимой скоростью подпленочной коррозии защищаемого металла.

В зарубежных стандартах показателем сопротивления покрытия вдавливанию является остаточная толщина покрытия при действии заданной контактной нагрузки. Этот показатель по мнению автора статьи является более объективным, т.к. именно фактическая толщина покрытия определяет его противокоррозионное действие.

Требуется уточнения норма на внешний вид покрытия, приведенная в пункте 1 технических требований. Термин «однородная поверхность» по мнению автора неприемлем. Неясно по какому критерию оценивать однородность поверхности. Требуется уточнения выражение «и другие дефекты, ухудшающие качество покрытия». Необходимо привести характеристики подобных дефектов.

Одним из основных недостатков рассматриваемых технических требований является отсутствие методики контроля соответствия фактического срока службы выбираемого покрытия регламентированному сроку службы, что делает бессмысленной подобную регламентацию в нормативно-технической документации.

В большинстве случаев для формирования наружного покрытия труб используются химически стойкие материалы. Поэтому основной причиной растрескивания, отслаивания или расслаивания наружного покрытия труб в различных эксплуатационных условиях является его статическая усталость, обусловленная комплексным воздействием на него грунтовой среды, температуры и механических нагрузок, включая собственные термовлагуосадочные напряжения.

Математические модели этих процессов, используемые автором статьи для прогнозирования срока службы покрытия трубопроводов, базируются на кинетической теории прочности твердых тел, физической основой которой является термофлуктуационный процесс разрушения межатомных связей. Методика прогнозирования ожидаемого срока службы покрытия на стадии проектирования трубопровода и его остаточного срока службы при диагностировании на стадии эксплуатации опубликована автором в работе [ 5 ].

Автор статьи, критикуя используемые в данных технических требованиях показатели качества наружного покрытия и нормы на них, понимает, что разработчики этих требований могут сослаться на известные зарубежные стандарты, в которых приведены те же показатели и нормы. Но, это не значит, что все хорошо.

К сожалению разработкой отечественной и зарубежной нормативно-технической документацией, определяющей качество наружного покрытия труб, преимущественно занимаются химики-технологи, разрабатывающие материалы для формирования этого покрытия, а не специалисты в области проектирования трубопроводов, хорошо знающие специфику условий их строительства и эксплуатации, владеющие основами строительной механики. Не менее важно привлечь к разработке подобной нормативно-технической документации специалистов в области механики разрушения твердых тел и физико-химической механики разрушения материалов и конструкций.

Учитывая значительные затраты ОАО «Газпром» на противокоррозионную защиту газопроводов полимерными покрытиями, проблема совершенствования нормативно-технической документации, определяющей их качество, является актуальной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ недостатков национальных стандартов, спецификаций и технических условий, определяющих качество полимерных покрытий наружной и внутренней поверхности нефтегазопроводов. Ж. Территория НЕФТЕГАЗ. №1, 2005г.
2. Метод определения сопротивления противокоррозионного полимерного покрытия растрескиванию при деформировании защищаемого металла. Ж. Территория НЕФТЕГАЗ. №3, 2006 г.
3. Выбор объективного показателя сопротивления полимерного покрытия отслаиванию от металла. Ж. Коррозия территории НЕФТЕГАЗ. № 1, 2006 г.
4. Метод прогнозирования срока службы полимерных покрытий нефтегазопроводов при катодной поляризации. Ж. Территория НЕФТЕГАЗ. № 6, 2006 г.
5. Метод прогнозирования срока службы полимерных покрытий оборудования и сооружений нефтегазовой отрасли. Ж. Территория НЕФТЕГАЗ. № 5, 2006 г.



## КАРБОФЛЕКС современная защита трубопроводов

**Антикоррозийное покрытие  
КАРБОФЛЕКС решает задачу  
надежной изоляции  
элементов трубопроводов,  
имеющих сложную  
конфигурацию: отводы,  
переходы, фасонные  
соединительные детали,  
запорная арматура.**

**КАРБОФЛЕКС.** Это двухкомпонентная, быстро отверждаемая система, наносимая методом горячего безвоздушного распыления. При каждом проходе образуется слой толщиной от 0,5 до 2 мм. Получающееся покрытие после отверждения в течение нескольких секунд имеет абсолютно ровную, монолитную структуру с оптимальным комплексом физико-механических свойств.

#### Основные преимущества КАРБОФЛЕКС:

- Высочайшая скорость отверждения;
- Отсутствие растворителей;
- Не требует предварительного грунтования;
- Может наноситься при отрицательных температурах;
- Увеличивает производительность изоляционных работ;
- Обладает высокой механической и химической стойкостью;
- Испытан ВНИИСТом и ВНИИГАЗом и включен в реестры рекомендованных материалов ОАО «Газпром» и ОАО «АК «Транснефть».



**Разработчик  
и производитель:**

**НПК «СпецПолимер»**  
оф. 24, стр. 1, ул. Тверская д. 12  
Москва, Россия, 125009  
Тел.: (495) 937-76-48  
Факс: (495) 629-94-18  
e-mail: info@spolymer.ru  
[www.spolymer.ru](http://www.spolymer.ru)