

# 10

## ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ПРИМЕНИМОСТИ

### ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И НАЗЕМНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ОАО «ГАЗПРОМ»

В.Г. Антонов, С.А. Соловьев, Ю.С. Рябец ООО «ВНИИГАЗ»

Для противокоррозионной защиты объектов ОАО «Газпром», подверженных коррозии, применяются покрытия, состоящие из различных материалов.

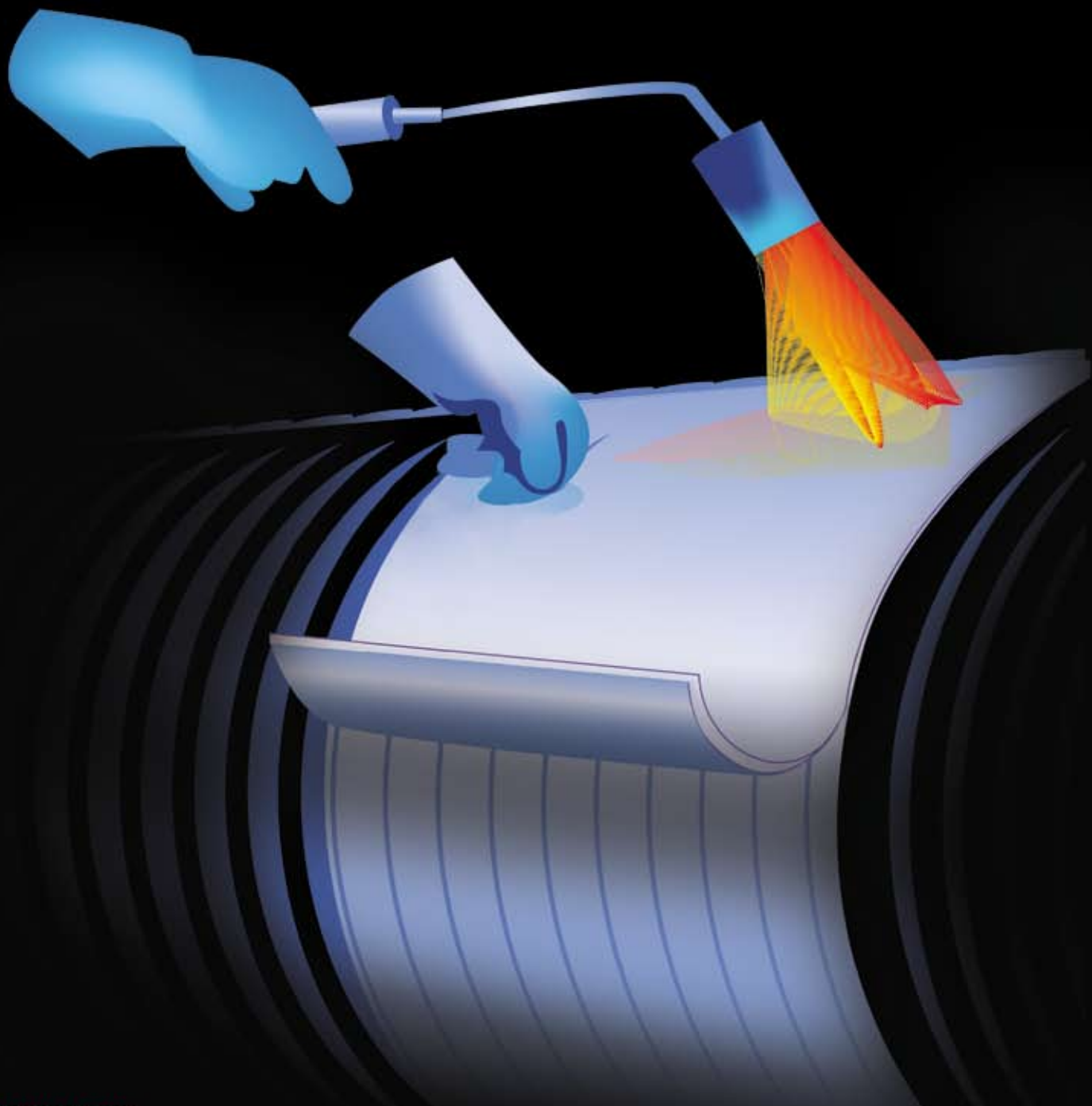
Например, для скважинного и газопромыслового оборудования применяют покрытия на полимерной основе. Такие покрытия осуществляют противокоррозионную защиту, снижают сопротивление при контакте газоконденсатной смеси с внутренней поверхностью насосно-компрессорных труб и улучшают гидравлические характеристики потока. Для противокоррозионной защиты аппаратов газоперерабатывающих заводов, кроме специальных конструкционных материалов, применяют покрытия на полимерной и на металлической основе. Компрессорные станции и магистральные газопроводы наряду с применяемыми способами противокоррозионной защиты защищаются покрытиями на полимерной основе.

Наземные металлоконструкции защищаются различными покрытиями на полимерной основе, особенно актуальны покрытия на основе преобразователя ржавчины, не требующие специальной подготовки поверхности; такие покрытия незаменимы во время ремонта и защиты технологических трубопроводов под изоляцией. Технологическое оборудование и трубопроводы морских сооружений также защищаются покрытиями на полимерной основе. Для вновь строящихся объектов – морские платформы – требуется создание новых покрытий как для подводной, так и надводной частей металлоконструкций. И, наконец, строительные сооружения, также защищаются покрытиями на полимерной основе.

# **ГЕФЕСТ** РОСТОВ

344064 г. Ростов-на-Дону, пер. Технологический, 5. Тел.: +7 863 277-44-01; +7 863 277-34-65.  
www.gefestrostov.ru; serv@gefestrostov.ru  
Представительство в г. Москва: +7 495 148-17-13; +7 495 148-49-03

## **АНТИКОРРОЗИЙНАЯ ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ**



### **Линейная часть:**

ленты-обертки ДРЛ-Л,  
мастичные ленты ДОНРАД-ГАЗ и ДОНРАД-АРМ;

### **Сварной стык и отводы:**

термоусаживающиеся манжеты ТЕРМОРАД МСТ;

### **Материалы для ремонта покрытия**

### **Оборудование для нанесения**



## покрытия



Рис. 1 – Внутренняя поверхность абсорбера с металлическим покрытием после года эксплуатации

Оценка применимости противокоррозионных защитных покрытий технологического оборудования внутренней поверхности аппаратов осуществлялась по результатам лабораторных и опытно-промышленных испытаний. Лабораторными испы-

таниями в автоклаве моделировались условия технологического процесса сероочистки на газоперерабатывающих заводах. Опытно-промышленные испытания включали в себя оценку состояния покрытия, нанесенного на внутреннюю поверх-

ность аппарата, в эксплуатационных условиях.

При стойкости покрытия менее 1 года покрытие считалось низкоэффективным. При устойчивости покрытия более 1 года покрытие считалось эффективным. Такой критерий брался за основу оценки эффективности защиты внутренней металлической поверхности при воздействии коррозионно-эрозионной технологической среды. Одним из эффективных методов защиты внутренней поверхности абсорбера на Астраханском ГПЗ от коррозионно-эрозионного износа оказался метод высокоскоростного газотермического напыления, металлической основой которого является порошок ПР-28Н10М5С1. Его основные компоненты – никель, молибден и кремний. Для улучшения защитных свойств напыленной поверхности использовалась дополнительная пропитка покрытия полиуретаном.

Материал металлического слоя покрытия обладает высокой коррозионной стойкостью в абсорбенте, насыщенном кислыми примесями  $H_2S$  и  $CO_2$ , и высоких температур, характерных для условий эксплуатации абсор-



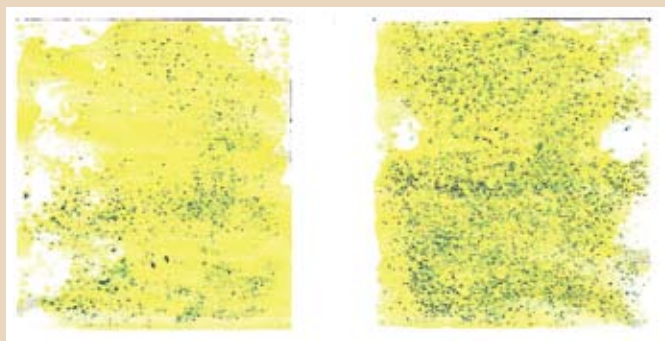
# ООО «МИНАДАГС»

Компания обладает всеми необходимыми лицензиями, патентами, свидетельствами на товарные знаки и методикой применения и использования ЭР и ПАР, имеет надежных партнеров в России и за рубежом

Ведущая российская научно-производственная компания предлагает к использованию протяженные гибкие заземлители из электропроводной резины - современные средств электрохимической защиты от подземной коррозии: газопроводов, нефтепроводов, теплотрасс, продуктопроводов, резервуаров долгосрочного хранения ГСМ, любых иных металлических сооружений любой формы и металлоемкости

## Для вас мы готовы провести:

- диагностику текущего состояния металлических конструкций;
- подбор необходимых средств ЭХЗ;
- расчет и проектирование системы ЭХЗ;
- поставка электродов анодного заземления и шеф-монтаж;
- консультации по всем вопросам производства и применения протяженных гибких электродов ПАР и ЭР.



**Рис. 2 – Двусторонние отпечатки образцов с покрытием после теста на сквозную пористость**

беров установок сероочистки. При вскрытии аппарата после года эксплуатации во время ППР было обнаружено, что более 70% защищенной поверхности сохранилось (рис. 1).

Основным показателем качества металлического покрытия является пористость. В лабораторных условиях для определения количественной оценки характера пористости образцы с покрытием, нанесенным газо-термическим методом, выдерживались в кристаллизаторе в течение 20 минут в растворе железосинеродистого калия (40г/л) и хлористого натрия (2г/л). Это испытание обычно используется для определения сквозной пористости гальванических покрытий. На рис. 2 показаны отпечатки двух образцов (исходного и прошедшего коррозионные испытания) после вышеуказанного теста. Синие точки на отпечатках являются местами сквозных пор.

Параллельно с лабораторными испытаниями ООО «ВНИИ-ГАЗ» совместно с АГПЗ проводил опытно-промышленные испытания такого покрытия, нанесенного на внутреннюю поверхность абсорбера в районе 1–2-ой тарелки участка ввода сырого газа по вышеуказанной технологии в условиях производства работ на АГПЗ. Опытно-промышленными испытаниями была поставлена задача рассмотреть возможность использования этой системы покрытий для защиты внутренней поверхности аппарата от коррозионно-эрозионного воздействия технологической среды. Для этого на поверхность абсорбера было нанесено защитное покрытие по вышеуказанной технологии. Через 4 месяца эксплуатации в момент внепланового останова было проведено обследование состояния нанесенного покрытия. Обследование показало, что дополнительное полиуретановое покрытие, нанесенное поверх металлического, практически не сохранилось. Состояние внутреннего металлического покрытия, нанесенного методом высокоскоростного газо-термического напыления, было удовлетворительным. На рис. 3 показаны фрагменты поверхности стенки абсорбера.

В настоящее время кубовые части абсорберов установок сероочистки защищаются покрытием, полученным методом высокоскоростного газо-термического напыления металлического порошка (X28H10M5C1 + подслоя X14H7C3P3) фирмы ООО «ТСЗП».

Зарубежный опыт эксплуатации в течение 25 лет труб лифтовой колонны (НКТ, буровая колонна) убедительно доказал необходимость [1,2] использования внутренних защитных полимерных покрытий в качестве метода защиты от коррозии и способа достижения максимальной гидравлической эффективности. Так, современные полимерные покрытия на основе эпокси-фенольных и новолачных композиций были специально разработаны для использования их в условиях высокоагрессивных коррозионных сред, применяемых при бурении. Такие внутренние полимерные покрытия высокой стойкости после по-



**КрасКо**  
115230, Москва, Электролитный проезд, д.6 (ст. м. "Нагорная")  
тел/факс (495) 221-21-80  
e-mail: info@krasko.ru

## АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА МЕТАЛЛА





- НЕРЖАМЕТ**  
краска по ржавчине, антикоррозионная эмаль по металлу "три в одном"
- ПОЛИМЕРОН**  
антикоррозионная износостойкая уретановая эмаль для защиты металла
- НЕРЖАППАСТ**  
"жидкий пластик," антикоррозионная эмаль по металлу с эффектом пластика
- ЦИКРОЛЬ**  
антикоррозионная краска для цветного и оцинкованного металла
- ЦИНКОНОЛ**  
цинконаполненный антикоррозионный грунт-протектор для защиты металла

ЗА КРАСКО НЕ ЗАРЖАВЕЕТ!

www.krasko.ru

**Таблица 1 – Режим предварительных испытаний**

МЕТОД ИСПЫТАНИЙ ПО ГОСТ 9.401-91	ТЕМПЕРАТУРА, °С	ВЛАЖНОСТЬ, %	ВРЕМЯ ИСПЫТАНИЙ, ЧАС.
Метод А	-60	не регламентируется	2
Метод Б	35±2	распыление 3% раствора NaCl	240
Метод В	55±2	не регламентируется	100



**Рис. 3 – Фрагмент внутренней поверхности абсорбера с дополнительным полиуретановым покрытием после 4 месяцев эксплуатации**



**Рис. 4 – Образцы внутреннего покрытия (TK-34P), выдержавшие испытания в сероводородсодержащей среде**

лучения результирующей поверхности практически обеспечивают улучшение гидравлических параметров, стойкость к абразивному износу в условиях заданного режима бурения, химическую и температурную стойкость при работе на глубине и защиту от коррозии. Работа по определению критериев оценки качества и работоспособности таких покрытий нами разделена на несколько основных блоков:

- проведение испытаний по оценке защитных свойств различных типов полимерных адгезионных покрытий после воздействия коррозионно-агрессивных сред, характерных для газовой отрасли по Методике ООО «ВНИИГАЗ» Р 51-31323949-41-2000;
- проведение испытаний по оценке гладкостных и защитных свойств внутреннего покрытия по отечественным и международным стандартам;
- исследование сопротивления внутреннего покрытия к изменению газового давления и жидкостного давления (оценка образования пузырей – блистеринг) по ИСО 15741:2001 (E);
- исследование влияния низких температур и перепадов температур (термоциклы) на свойства и качество покрытия по ГОСТ Р 51164-98, ASTM G14-72;
- исследование стойкости внутреннего покрытия к абразивному износу по методике предприятия;
- исследование атмосферостойкости покрытия (стойкость к воздействию соляного тумана) по ГОСТ 9. 401- 91;
- определение физико-механических и электрохимических параметров, участвующих в оценке материалов;
- опытно-промышленная проверка изделий;
- разработка нормативной документации.

В результате весь комплекс проведенных исследований позволяет получить необходимые данные для выбора к применению покрытия, которое может обеспечить набор служебных свойств в заданных эксплуатационных усло-

**Таблица 2– Режим ускоренных климатических испытаний**

ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ	ТЕМПЕРАТУРА, °С	ВЛАЖНОСТЬ, %	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИСПЫТАНИЙ, СУТ.	
Термостарение	+70	не регламентируется	8	
Воздействие низких температур	-60	не регламентируется	3	
Воздействие термоперепадов	+20	98	2 час.	36 циклов (6 суток)
	-20	не регламентируется	2 час	
Воздействие повышенной влажности	+40	98	7	
Воздействие УФ-облучения	+55±2	не регламентируется	5	



Рис. 5 – Образцы внутреннего покрытия (ТС-2000), не выдержавшие испытания в сероводородсодержащей среде

виях. На рис.4–5 представлены образцы покрытий, прошедшие автоклавные испытания.

В настоящее время ООО «ВНИИГАЗ» разрабатывает технические условия на «Трубы бурительные с внутренним эпоксидным покрытием».

Таким образом, современные внутренние покрытия по своим качествам разрабатываются для обеспечения дополнительного противодействия напряжениям, которые воспринимает буровая труба во время эксплуатации, сопротивления к абразивному износу при использовании буровых растворов и химической стойкости к проникновению коррозионно-агрессивных сред, проникающих в забой скважины.

Оценка применимости наружных покрытий, состоящих из различных лакокрасочных материалов (ЛКМ), для защиты наземных металлоконструкций, соединительных газопроводов и строительных сооружений осуществлялась лабораторными испытаниями по оценке их защитно-декоративных характеристик после воздействия комплекса климатических факторов.

Наружные покрытия типа ГФ, ПФ имеют низкие показатели по декоративным и защитным свойствам при воздействии атмосферно-климатических факторов. Такие покрытия в сочетании с аналогичным грунтом требуют посто-

Таблица 3 – Характеристика оборудования

НАИМЕНОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	КОЛИЧЕСТВО	ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЯ	ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ
Климатическая камера	3626/11	1	-60 ...+90 °С	± 0,5 °С
Термокамера	3001	1	+20 ...+90 °С 0...98%	±1 °С
Термошкаф	T25/1,2	1	+20 ...+90 °С	± 1 °С
Климатическая камера	3522/51	1	-50 ...+90 °С	± 1 °С
Камера соляно-го тумана	12КСТ-0,4-001	1	+20 ...+60 °С 0...98%	± 2 °С
Камера для УФ-облучения с использованием лампы ДРТ-400	–	1	не регламентируется	–



**РУССКИЕ КРАСКИ**

КРУПНЕЙШИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ЛКМ  
В РОССИИ

**ЛКМ**  
для надёжной и долговечной  
антикоррозионной защиты  
промышленных объектов  
нефтегазовой отрасли

Высокотехнологичные и традиционные ЛКМ для антикоррозионной защиты промышленных объектов нефтегазовой отрасли

Антикоррозионные грунтовки и покрывные эмали с высокими защитными свойствами

Однокомпонентные и двухкомпонентные материалы на основе акрилуретанов для антикоррозионной защиты



г. Ярославль  
т.: (4852) 49-27-47/46,  
49-26-32, 49-27-35,  
49-29-77, 49-13-63  
факс: (4852) 45-19-98  
e-mail: info@ruskraski.ru  
**www.ruskraski.ru**



**РУССКИЕ КРАСКИ**

## ПОКРЫТИЯ

янного возобновления защитного слоя, так как относительная работоспособность таких покрытий обеспечивалась за счет ежегодного наслоения новых пленок. Процесс эксплуатации наземных металлоконструкций заключался в сохранении старых покрытий и отсутствии подготовки наружных поверхностей под окраску. Поэтому работоспособность восстановленных покрытий составляла не более 1 года. Такой критерий также брался за основу оценки эффективности наружных покрытий для защиты металлоконструкций при воздействии атмосферно-климатических факторов.

Другие наружные покрытия – хлорсульфированный полиэтилен, полиуретановые покрытия, системы полиуретановых покрытий, фтор-полимерные покрытия – имеют преимущества перед ЛКМ типа ПФ, ПФ: быстрое отверждение на воздухе в присутствии влаги, высокие показатели по защитно-декоративным свойствам в условиях умереннохолодного климата ГОСТ 15150-69. Такие покрытия не требуют полного удаления старого покрытия. Хлорсульфированный полиэтилен и системы полиуретановых покрытий обладают защитными функциями в течение нескольких лет и оценены как покрытия, показавшие эффективную защиту.

Для определения целесообразности проведения испытаний на комплексное воздействие климатических факторов

в соответствии с требованиями ГОСТ 9.401-91 проводились предварительные испытания по оценке стойкости покрытий к воздействию: низких температур (метод А); соляного тумана распространение коррозии от надреза (метод Б); УФ-излучения (метод В). Режим предварительных испытаний приведен в таблице 1.

Для оценки сохраняемости свойств ЛКП на открытой атмосферной площадке в условиях УХЛ (ГОСТ 15150-69) проводились ускоренные климатические испытания с учетом рекомендаций ГОСТ В20.57.304-98. Режим испытаний рассчитывался исходя из усредненного значения эффективной энергии активации процессов старения полимерных материалов – 14 ккал/моль. Цикл испытаний, имитирующий 1 год нахождения на открытой атмосферной площадке, включал в себя термостарение при повышенных температурах и комплексное воздействие климатических факторов в следующей последовательности: отрицательная температура, суточные термоперепады, повышенная влажность, УФ-облучение. Режим ускоренных климатических испытаний приведен в таблице 2.

Продолжительность ускоренных климатических испытаний – 29 суток.

Характеристика оборудования, применявшегося для проведения испытаний, представлена в таблице 3.

Метрологическое обеспечение испытаний осуществлялось в соответствии с ГОСТ 24555-81.

Состояние лакокрасочных покрытий оценивалось путем внешнего осмотра по изменению цвета, блеска (декоративные свойства), наличию трещин, пузырей, отслаивания, коррозионных поражений (защитные свойства). Оценка декоративных и защитных свойств проводилась в соответствии с ГОСТ 9.407-84, адгезии – методом решетчатых надрезов по ГОСТ 15140-78. Блеск оценивался с помощью фотоэлектрического блескомера БФ-2 по ГОСТ 896-69.

Кроме того, оценка применимости противокоррозионных защитных покрытий проводилась в соответствии с техническими требованиями (ТТ) на внутренние и наружные покрытия ОАО «Газпром». Исходный материал для подготовки ТТ был получен при подборе и испытаниях внутреннего металлического покрытия, полученного методом высокоскоростного газотермического напыления, для защиты внутренней поверхности абсорберов установок сероочистки, и наружных покрытий для защиты наземных металлоконструкций, соединительных газопроводов и строительных сооружений.

В таблице 4 представлены технические характеристики, являющиеся исходным материалом, устанавливающим тех-

Таблица 4

№	ПОКРЫТИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ	НОРМА	ГОСТ, СТАНДАРТ, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ
1	Полимерное	Толщина (мкм)	≥ 200,0	ИСО 2808:1998 «Метод определения толщины покрытия магнитным толщиномером»
2	Полимерное	Адгезия (МПа), (балл)	≥ 4,0, 1–2	ГОСТ 15140-78, ИСО 4624:1998, ИСО 2409:1998, «Метод отрыва, метод решетчатых надрезов»
3	Полимерное	Проницаемость (емкость, сопротивление покрытия)	≥ 0,7 ≥ 0,2	ГОСТ 9.409-88 «Метод определения емкости и сопротивления покрытия»
4	Полимерное	Степень блистеринга покрытия	0, F	ИСО 4628-2 «Метод применения стандартных эталонных фотографий»
5	Полимерное	Твердость (по Кенигу) (по Персозу)	≥ 250 ≥ 420	ГОСТ 5233-89, ИСО 1522-73 «Метод подсчета количества колебаний маятника»
6	Полимерное	Стойкость покрытий на изгиб (мм)	минимальный размер стержня 2–3	ГОСТ 6806-73, ИСО 1519 «Метод определения прочности покрытий на изгиб»
7	Полимерное	Прочность покрытия при ударе (см)	≥ 40,0	ГОСТ 4765-79 «Метод определения прочности покрытия при ударе»
8	Полимерное	Прочность покрытия при растяжении (мм)	≥ 3,0	ГОСТ 29309-92 «Метод определения прочности покрытия при растяжении»
9	Металлическое покрытие (высокоскоростное газотермическое напыление порошка, хим. состав: Ni-Co-Fe)	Толщина (мкм)	30,0–80,0	ИСО 2808:1998 «Метод определения толщины покрытия толщиномером константа МК4-ПО (для электропроводящих покрытий)»
10	Металлическое покрытие (высокоскоростное газотермическое напыление порошка, хим. состав: Ni-Co-Fe)	Адгезия (МПа)	≥ 8,0	ИСО 4624:1998 «Метод отрыва»
11	Металлическое покрытие (высокоскоростное газотермическое напыление порошка, хим. состав: Ni-Co-Fe)	Пористость (%)	≥ 0,3	Стандарт ASTM G62A

нические требования на внутренние антикоррозионные покрытия газоперерабатывающего оборудования ОАО «Газпром».

В таблице 5 представлены технические требования к наружным атмосферостойким покрытиям.

Процесс создания базы данных (далее – реестра) материалов осуществляется в соответствии с техническими требованиями ОАО «Газпром», а также реестра организаций производителей материалов, подготовленных к качественному выполнению работ и оказанию услуг. Процедура (далее – Порядок) экспертизы материалов и технических условий проводится в соответствии с СТО ГАЗПРОМ 2-3.5-046-2006.

Порядок прохождения экспертизы материалов осуществляется с целью предотвращения использования на объектах ОАО «Газпром» материалов, не соответствующих по своим характеристикам, техническим требованиям ОАО «Газпром» и стандартам РФ.

Процедура формирования реестра материалов требует создания дополнительного нормативного документа, аналогичного СТО... –046, который должен содержать в себе информацию о порядке прохождения экспертизы материалов и ТУ на покрытия.

Таблица 5

№	ПОКРЫТИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ	НОРМА	ГОСТ, СТАНДАРТ, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ
1	Атмосферостойкое покрытие (ЛКМ-грунтовка)	Толщина (мкм)	≥70,0	ИСО2808:1998 «Метод опр-ния толщины покрытия (магнитный толщиномер)»
2	Атмосферостойкое покрытие (ЛКМ-грунтовка)	Адгезия (МПа), (балл)	≥ 4,0, 1–2	ГОСТ15140-78 ИСО4624:1998, ИСО2409:1998, «Метод отр-ва, метод реш-ых надрезов»
3	Атмосферостойкое покрытие (ЛКМ-грунтовка)	Декор. св-ва, (АД)	1–4	ГОСТ 9.407-84
4	Атмосферостойкое покрытие (ЛКМ-грунтовка)	Прочность покрытия при ударе (мм)	≤ 500,0	ГОСТ 4765-73 «Метод определения прочности покрытия при ударе»
5	Атмосферостойкое покрытие (ЛКМ-грунтовка)	Группа горючести	Г1 (слабогорючее)	СНИП 21-01-97
		Группа воспламеняемости	В1 (трудновоспламеняемое)	СНИП 21-01-97
6	Атмосферостойкое покрытие (ЛКМ-грунтовка)	Токсичность Т1	Малоопасное	НПБ-244-97
7	Атмосферостойкое покрытие (ЛКМ-грунтовка)	Прочность при растяжении (мм)	≥ 0,3	ГОСТ 29309-92 «Метод определения прочности покрытия при растяжении»

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДЖ. Нельсон, Р. Дэвис. Использование внутреннего защитного покрытия для достижения максимальной гидравлической эффективности. Corrosion 2000 paper П 00173 ( tuboscope inc. ) Houston

2. Р.А. Бикбавов, В.Н. Хижняков, В.Н. Владимирский, В.Н. Махрин. Применение лакокрасочных материалов для защиты от коррозии резервуаров и нефтепроводов. Новые технологии и технические средства, П6 2001 Санкт-Петербург

Челябинская область, г. Копейск, ул. Мечникова, 1  
Тел. (351-39) 2-09-81, 2-09-82, 2-09-83  
Факс (35-139) 2-09-84

WWW.KZIT.RU  
e-mail: Kzit@kzit.ru  
\* ICQ : 360857083

## Общество с ограниченной ответственностью «Копейский завод изоляции труб»



1. Изоляция труб.
2. Изготовление гнутых отводов холодной гибкой из изолированных труб и труб без изоляции.
3. Восстановление труб бывших в употреблении для повторного применения, (демонтированных при капитальном ремонте трубопроводов):



- Очистка наружной поверхности на гидроклинере.
- Очистка внутренней поверхности от остатков нефтепродуктов и газового конденсата.
- Отбраковка труб б/у, отбор труб для повторного применения
- Огневая и механическая обработка торцов.
- Ремонт труб шлифовкой, сваркой.
- Неразрушающие методы контроля труб.



**10 лет на защите труб от коррозии**

Завод успешно выполняет заказы Газпрома, Транснефти и других организаций, где используется продукция завода. Отличное качество продукции подтверждают сертификаты соответствия, в том числе на внедрённую систему менеджмента качества по ИСО 9001:2001.