

УДК 620.197

Иванов Евгений Сергеевич
ОАО «Всероссийский НИИ Коррозии (ВНИИК)»
Россия, Москва¹
Заведующий лабораторией, старший научный сотрудник
Кандидат химических наук, профессор
E-mail: iec1939@yandex.ru

Эффективность противокоррозионной защиты металлических и железобетонных конструкций мостов, мостовых переходов и эстакад системами полиуретановых лакокрасочных покрытий Stelpant. Результаты освидетельствования.

Аннотация. Проведено освидетельствование эффективности противокоррозионной защиты системами ЛКМ Stelpant 8 объектов – мостов, мостовых переходов, эстакад - эксплуатировавшихся в промышленной атмосфере г.г. Москвы и Санкт-Петербурга, Горячего Ключа, Саратова на протяжении 6, 7, 15 и 16 лет. Цель освидетельствования - оценить защитные свойства систем ЛКМ Stelpant на объектах, эксплуатирующихся в различных климатических районах в течение 5-16 лет. Это позволило бы скорректировать прогнозные сроки службы систем покрытий, возможно, пересмотреть и улучшить составы и технологию противокоррозионной защиты ЛКМ Stelpant фирмой SteelpaintGmbH (Германия).

Установлено, что для металлоконструкций система ЛКМ Stelpant-PU-Zinc + Stelpant-PU-Mica HS + Stelpant-PU-Mica UV, толщиной не менее 200-240 мкм, а для бетонных поверхностей - Stelpant-PU-Repair + Stelpant-PU-Tiecoat + Stelpant-PU-Cover UV толщиной не менее 160 мкм эффективно защищает эти объекты от коррозии, сохраняют в процессе эксплуатации декоративные свойства, имеют высокую адгезию к металлу. Состояние обследованных систем покрытий Stelpant подтверждает прогнозируемые по лабораторным испытаниям сроки защиты стальных конструкций в умеренно-холодном климате РФ (УХЛ2) – не менее 20 лет. По данным освидетельствования предлагается скорректировать прогноз сроков службы систем покрытий до 25-30 лет.

Ключевые слова: металлоконструкции; мосты; мостовые переходы; эстакады; перильные ограждения; железобетонные конструкции; бетонные опоры; ортотропные плиты; эффективность противокоррозионной защиты; декоративные свойства; лакокрасочные материалы (ЛКМ); адгезия; показатели декоративных и защитных свойств ЛКМ; коррозия; агрессивные среды и атмосферы.

¹ 111024, Москва, Шоссе Энтузиастов, д. 5

1. Введение

Лакокрасочные материалы Stelpant (ЛКМ) используются в России уже более 20 лет (с 1993 г.) для противокоррозионной защиты крупных объектов, таких как мосты, тоннели, трубопроводы, эстакады, радиорелейные вышки, различное ёмкостное оборудование и т.п. В работах [1-11] было показано, что полиуретановые покрытия, как индивидуальные, так и в виде систем эффективно защищают от коррозии, коррозионно-механического разрушения стальные и бетонные конструкции в различных агрессивных средах. ЛКМ Stelpant используются в основном для защиты от атмосферной коррозии в различных климатических районах. Но они оказались также весьма эффективны в морских водах, водонефтяных соледержащих эмульсиях нефтепромыслов, атмосферах металлургических, нефтеперерабатывающих предприятий с высоким содержанием таких агрессивных газов, как SO₂, NO₂, H₂S, CO, CO₂, HCl, кислых средах с высоким содержанием хлоридов и т.п. [6, 9, 10].

Номенклатура ЛКМ Stelpant насчитывает более 20 наименований. Среди них противокоррозионные грунтовочные (цинкнаполненные), промежуточные, покрывные (с различными наполнителями и специальными добавками), из которых обычно подбирают системы покрытий для конкретных условий эксплуатации. Разработаны специальные ЛКМ Stelpant, которые формируют на поверхности стали и бетона специальные покрытия с заданными техническими характеристиками (повышенной твёрдостью, шероховатостью, эластичностью, стойкостью к воздействию излучений, механических нагрузок и т.п.).

Основой ЛКМ Stelpant является полиуретановое плёнообразующее, получаемое в виде так называемого «форполимера» из полиолов и блокированных изоцианатов. При взаимодействии форполимера с влагой воздуха происходит высвобождение изоцианатных групп и отверждение форполимера с образованием полимочевинной сетчатой структуры с высокой плотностью сетки [7-11]. Для придания необходимых свойств в ЛКМ Stelpant вводятся наполнители и пигменты (пылевидные Zn, Al, оксиды металлов, минеральные добавки, полимеры со специальными функциональными группами, кремнийорганические соединения), различные модификаторы, сиккативы, ПАВ и др. В практике противокоррозионной защиты наиболее широко используются, как индивидуальные ЛКМ Stelpant, например, PU-Zinc, наносимый в 2-3 слоя, общей толщиной 160-240 мкм, так и системы: Stelpant-PU-Zinc + Stelpant-PU-Mica HS + Stelpant-PU-Mica UV; Stelpant -PU-Zinc + Stelpant-PU-Combination; Stelpant-PU-Zinc + Stelpant-PU-Tiecoat + Stelpant-PU-Cover UV и др.

В период с 1993-2003 г.г. различными НИИ России были проведены обширные коррозионные испытания ЛКМ Stelpant в климатических камерах по ГОСТ 9.401-91 по режимам, имитирующим различные типы климата: умеренно-холодный (УХЛ1, УХЛ2), морской тропический (Т1, Т2) и др. Наиболее широкие сравнительные испытания на атмосферостойкость покрытий Stelpant были проведены во Всероссийском НИИКоррозии (ВНИИК). По результатам длительных испытаний (375 суток) в климатических камерах по режимам, рекомендованным ГОСТ 9.401-91 и имитирующим умеренно-холодный (УХЛ2) и тропический влажный (Т2) климат, были рассчитаны прогнозные сроки службы некоторых систем покрытий Stelpant. Эти сроки для трёхслойных систем Stelpant с толщиной не менее 200-240 мкм в то время были определены: для УХЛ2 – 15-20 лет; для Т2 – 12-17 лет [6].

До настоящего времени полная оценка прогноза на реальных объектах с системами ЛКМ Stelpant не была осуществлена, т.к. крупномасштабная противокоррозионная защита мостов, мостовых переходов, эстакад осуществлялась в конце прошлого – начале этого столетия. К настоящему времени срок эксплуатации самого старшего объекта с противокоррозионной защитой системами ЛКМ Stelpant, составляет 17 лет. Для некоторых объектов (мостов) с

системой ЛКМ Stelpant, эксплуатирующихся в различных климатических зонах РФ, прогнозируемый срок наступит в 2015-2017 годах.

В связи с этим, мы посчитали, что было бы целесообразным оценить защитные свойства систем ЛКМ Stelpant на объектах, эксплуатирующихся в различных климатических районах в течение 7-16 лет. Это позволило бы скорректировать прогнозные сроки службы систем покрытий, возможно, пересмотреть и улучшить составы и технологию противокоррозионной защиты ЛКМ Stelpant фирмой Stelpaint GmbH (Германия).

С этой целью было выбрано 8 объектов (мосты, мостовые переходы, эстакады) для проведения освидетельствования систем ЛКМ Stelpant, нанесённых в 1997-2008 г.г. Цель освидетельствования – оценить защитные и декоративные свойства систем покрытий Stelpant, сопоставить с прогнозом срока эффективной защиты и дать рекомендации.

2. Объекты освидетельствования

На рис.1 приведены общий вид освидетельствованных объектов, а в таблице 1 их технические характеристики и условия эксплуатации этих объектов. Из обследованных объектов три имеют срок эксплуатации 6, 7 лет и пять объектов 15, 16 лет. Обследованные мосты, мостовые переходы, эстакады имеют каждый поверхность металлоконструкций от 15000 м² до 30000 м² и массу в несколько тысяч тонн. Все объекты обследования, представляют собой сложные инженерные сооружения; разнообразные металлоконструкции соединены между собой болтами, заклёпками, сваркой; эстакады и мостовые переходы опираются на железобетонные опоры. Два моста (Пушкинский в Москве и Лейтенанта Шмидта в Санкт-Петербурге) – представляют исторические реликвии, выполнены из полосовой стали, чугунного литья более 150-200 лет назад и реконструированы 6 лет назад. Условия эксплуатации объектов в Москве и Московской области, согласно ГОСТ 16350-80, относятся к умеренному континентальному климату (среднегодовая $t=3,2\div 4,5^{\circ}\text{C}$, относительная влажность 67-86%, зона повышенного увлажнения). Мосты в Санкт-Петербурге, Саратове эксплуатируются в умеренно-континентальном климате с избыточным увлажнением (среднегодовая $t=3,8\div 5,0^{\circ}\text{C}$, влажность в среднем ~80%). Все обследованные мосты, эстакады, переходы испытывают постоянные статические и динамические нагрузки от движущегося транспорта. Таким образом, достаточно жёсткие климатические факторы могут вызывать интенсивную коррозию стальных и железобетонных конструкций; наличие циклических (знакопеременных) напряжений может существенно усугублять коррозионные процессы.



Рис. 1. Фотографии объектов освидетельствования с ЛКМ Stelpan:

- 1 – путепровод в г.Климовск, Московской обл.; 2 – железнодорожный мост через Обводный канал (СПб);
3- мост Лейтенанта Шмидта (СПб); 4 – Пушкинский мост, Москва;
5 – развязка МКАД и Ярославского шоссе (эстакады), Москва; 6 – эстакада ТТК «Лужники», Москва;
7 – эстакада в г. Горячий ключ, Краснодарский край;
8 – мостовой переход через р.Волга в районе с.Пристанное (г.Саратов).

Поскольку выбранные для освидетельствования объекты – долговременные сооружения (срок службы мостов, эстакад – не менее 100 лет), то необходимо, чтобы системы ЛКМ обеспечивали достаточно продолжительные сроки противокоррозионной защиты. В настоящее время в РФ считаются приемлемыми сроки защиты системами лакокрасочных материалов в 25-30 лет, а по европейскому стандарту EN12944-1 лакокрасочные покрытия выбирают из расчёта срока службы 15 лет [12].

Выбор ЛКМ для противокоррозионной защиты металлоконструкций мостов осуществляется с учётом ряда факторов и регламентируется СТО 001-2009 «Защита металлических конструкций мостов от коррозии методом окрашивания»², М.2009 и ЦПИ 6/1 «Технологические указания по окраске металлических конструкций эксплуатируемых железнодорожных мостов», М.2007. Этими документами предусмотрено использование систем ЛКМ Stelpant для противокоррозионной защиты мостов на длительные сроки.

В таблице 2 приведены использованные для противокоррозионной защиты системы ЛКМ Stelpant, технология нанесения, толщины покрытий. Как видно из данных табл.2, для противокоррозионной защиты стальных металлоконструкций объектов использована в основном система Stelpant-PU-Zinc + Stelpant-PU-Mica HS + Stelpant-PU-Mica UV; толщина системы покрытий 200÷240 мкм. Для бетонных опор использована в основном эта же система, но с предварительной пропиткой лаком Stelpant-PU-Repair; в качестве покрывного слоя на некоторых объектах использовали Stelpant-PU-Cover UV, а промежуточного - Stelpant-PU-Tiecoat. Технология нанесения систем ЛКМ Stelpant-PU-Repair определялась соответствующими «Регламентами по окрашиванию...», утверждёнными «Заказчиком» и согласованными с «Исполнителем» работ. Согласно протоколам приёмки работ по противокоррозионной защите объектов, применяемые материалы соответствовали паспортам, технология нанесения и сушки покрытий, толщина покрытий соответствовали «Регламентам...», что было отмечено соответствующими «Актами...».

² В настоящее время действует обновлённое СТО 001-2011, М2011

Таблица 1

Технические характеристики и условия эксплуатации освидетельствованных объектов с системами лакокрасочных покрытий PU–Stelpant

№ п/п	Вид объекта, его местоположение	Срок эксплуатации объекта с покрытием	Технические характеристики объектов		Условия эксплуатации объекта					Примечание
			Длина моста, эстакады, площадь металлоконструкций	Масса мостовых, эстакадных металлоконструкций	Воздействие климатических факторов				Вид механических воздействий на металлоконструкцию объекта	
					Климатический район по ГОСТ 16350-80	Среднегодовая температура воздуха	Относительная влажность в течение года	Среднегодовая увлажнённость поверхности		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Путепровод через Московскую железную дорогу в г.Климовске, Московской области	6 лет	L=1400 м S=15000 м ²	3500 т	Умеренный, континентальный, П ₅ сельский район	3,2÷4,5°С Январь: -10÷-12°С Июль: +18÷+20°С	86% (декабрь, январь) 67% (май)	Зона повышенного увлажнения. Количество осадков - 550÷650 мм	Статические и знакопеременные нагрузки (движущийся транспорт)	Опорные колонны – бетонные; окрашены системой ЛКМ Stelpant
2.	Железнодорожный мост через Обводный канал. Литер Б в г.Санкт-Петербурге	6 лет	L=110 м	Масса арок 1271-1282 т. Общая масса 6736 т	Умеренный, континентальный, промышленный район. Загрязнения выхлопными автомобилями газами, сильная запылённость	3,8÷5,0°С Февраль: -8,0÷-8,5°С Июль: +17,4÷+18,0°С	В среднем ~80% Зимой: 83÷88% Летом: 60÷70%	Зона избыточного увлажнения. Количество осадков - 637÷666 мм; климат дождливый	Статические и циклические знакопеременные нагрузки (ж/д транспорт)	–
3.	Мост Лейтенанта Шмидта (ныне Благовещенский) через р.Нева в г.Санкт-Петербурге	7 лет	L=331 м, длина разводного пролёта 37 м	2500 т	Умеренный, континентальный, промышленный район. Загрязнения выхлопами автомобильного транспорта, запылённость	3,8÷5,0°С Февраль: -8,0÷-8,5°С Июль: +17,4÷+18,0°С	В среднем ~80% Зимой: 83÷88% Летом: 60÷70%	Зона избыточного увлажнения. Количество осадков - 637÷666 мм; климат дождливый	Статические и интенсивные циклические знакопеременные нагрузки от автотранспорта	Перильные ограждения, фонарные столбы - изготовлены из чугуна литая и силумина; пролётные металлоконструкции – стальные
4.	Пушкинский (Андреевский) мост, г.Москва	15 лет	L=110 м (главный пролёт)	Масса главной арки 1500 т	Умеренный, континентальный,	3,2÷4,5°С Январь: -10÷-12°С	60÷62% (май, июнь) 75÷80%	Зона повышенного увлажнения.	Статические нагрузки	Мост пешеходный

					П5 промышленный район	Июль: +18÷+20°С	(декабрь, январь)	Количество осадков - 540÷650 мм Периодическое воздействие моющих препаратов		
5.	Развязка Московской кольцевой автомобильной дороги и Ярославского шоссе, эстакады съездов 1А и 5А, Москва	15 лет	L=110 м (2 съезда)	3000 т	Умеренный, континентальный, П5 промышленный район; загрязнения газами CO, CO ₂ , NO ₂ , H ₂ S и др.; запыленность	3,2÷4,5°С Январь: -10÷-12°С Июль: +18÷+20°С	60÷62% (май, июнь) 75÷80% (декабрь, январь)	Зона повышенного увлажнения. Количество осадков - 540÷650 мм Периодическое воздействие моющих и антигололёдных препаратов	Статические и знакопеременные нагрузки (от постоянно движущегося транспорта)	Опорные колонны – бетонные; окрашены ЛКМ Stelpant
6.	Эстакада Третьего Транспортного кольца в районе стадиона «Лужники, Москва	16 лет	L=300 м, ширина 40 м	2000 т	Умеренный, континентальный, П5 промышленный район; загрязнения газами CO, CO ₂ , NO ₂ , H ₂ S и др.; запыленность	3,2÷4,5°С Январь: -10÷-12°С Июль: +18÷+20°С	60÷62% (май, июнь) 75÷80% (декабрь, январь)	Зона повышенного увлажнения. Количество осадков - 540÷650 мм Периодическое воздействие моющих и антигололёдных препаратов	Статические и знакопеременные циклические нагрузки (от постоянно движущегося транспорта)	Опорные колонны – бетонные
7.	Эстакада в г. Горячий Ключ	16 лет	L=300 м, ширина 40 м	2000 т	Умеренный, континентальный с тёплым летом, мягкой зимой, климатический курорт	+10,5°С Зима - +0,8°С Весна - +10,5°С Осень - +14,5°С	Средняя 70÷78%	Зона повышенного увлажнения. Количество осадков - 858÷1000 мм	Статические и циклические нагрузки	Опорные колонны – бетонные; окрашены ЛКМ Stelpant
8.	Мостовой переход через р.Волга в районе с. Пристанное, г.Саратов	16 лет (первая очередь)	L=2300 м, S=600000 м ²	35937 т	Умеренный, континентальный с тёплым (жарким) летом и холодной продолжительной зимой	+7,1°С Зима - - 7,9°С Лето - +22,7°С	Средняя Около 70% Зима - 81÷84%	Количество осадков ~ 450 мм	Статические и динамические нагрузки	Опоры - бетонные (атмосфера+почва и атмосфера+вода)

Таблица 2

Системы покрытий PU–Stelpant на освидетельствованных объектах

№ п/п	Вид объекта, его местоположение	Система покрытий PU–Stelpant, количество слоёв, толщина слоя	Общая толщина системы покрытий, мкм	Технологический процесс			Руководящий документ
				Подготовка поверхности	Нанесение покрытия	Время сушки слоёв, час	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Путепровод через Московскую железную дорогу в г.Климовске, Московской области Окрашен в 2007 г.	<u>Для металлоконструкций:</u> 1. Грунт PU-Zinc – 1 слой, 80-90 мкм	240-270	Абразивоструйная очистка до Sa 2,5 по ISO 8501-1 Обезжиривание растворителем. Обеспыливание вакуумным отсосом	Пневматическое распыление	4	«Регламент по окрашиванию мостовых металлоконструкций...», М., 2007 г. СТО 001-2006 ООО «Транстрой»
		2. Промежут. слой PU-Mica HS – 1 слой, 80-90 мкм				8	
		<u>Для бетонных опор:</u> 1. Лак PU-Repair, 2 слоя, 20 мкм	160			8	
		2. Промежут. слой PU-Tiescoat, 1 слой, 90 мкм				2	
		3. Покрывный слой PU-Cover UV, 1 слой, 50 мкм				4	
2.	Железнодорожный мост через Обводный канал. Литер Б в г.Санкт-Петербурге Окрашен в 2008 г.	1. Грунт PU-Zinc – 1 слой, 80-90 мкм	240-270	Абразивоструйная очистка до Sa 2,5 по ISO 8501-1 Обезжиривание растворителем. Обеспыливание вакуумным отсосом	Пневматическое распыление	4	СТО 001-2006 ООО «Транстрой» «Технологический регламент по окрашиванию мостовых металлоконструкций», СПб, 2008 г.
	2. Промежут. слой PU-Mica HS – 1 слой, 80-90 мкм	8					
	3. Покрывный слой PU-Mica UV, 1 слой, 80-90 мкм	8					

3.	Мост Лейтенанта Шмидта (ныне Благовещенский) через р.Нева в г.Санкт-Петербурге Окрашен в 2007 г.	<u>Для металлоконструкций пролётов:</u> 1. Грунт PU-Zinc – 1 слой, 80-100 мкм 2. Промежут. слой PU-Mica HS – 1 слой, 70-90 мкм 3. Покрывный слой PU-Mica UV, RAL 7023, 1 слой, 70-90 мкм	220-240	Абразивоструйная очистка до Sa 2,5 по ISO 8501-1 Обезжиривание растворителем. Обеспыливание вакуумным отсосом	Пневматическое распыление	4	«Технологический регламент «Реконструкция моста Лейтенанта Шмидта через р.Неву, Санкт-Петербурга», СПб, 2006 г.
		<u>Для перильных ограждений, тумб, столбов:</u> 1. Лак PU-Repair – 1 слой, 10 мкм 2. Грунт PU-Zinc – 2 слоя по 60 мкм каждый 3. Промежут. слой PU- Mica HS, 1 слой, 100 мкм 4. Покрывный слой PU- Mica UV-2K, 1 слой, 60 мкм	290			2 4 8 8	
4.	Пушкинский (Андреевский) мост, г.Москва Окрашен в 1999 г.	<u>Металлоконструкции арки:</u> 1. Грунт PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм 2. Промежут. слой PU-Mica HS – 1 слой, 80 мкм 3. Декоративно-защитный слой PU-Mica UV, 1 слой, 80 мкм	240	Абразивоструйная очистка до Sa 2,5 по ISO 8501-1 Обезжиривание растворителем. Обеспыливание вакуумным отсосом	Пневматическое распыление	4 8 8	

5.	Развязка Московской кольцевой автомобильной дороги и Ярославского шоссе, эстакады съездов 1А и 5А, Москва Окрашены в 1998 г.	<u>Для стальных металлоконструкций:</u> 1. Грунт PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм 2. Промежут. слой PU-Mica HS – 1 слой, 80 мкм 3. Декоративно-защитный слой PU-Mica UV, 1 слой, 40 мкм	200	Абразивоструйная очистка до Sa 2,5 по ISO 8501-1 Обезжиривание растворителем. Обеспыливание вакуумным отсосом	Пневматическое распыление	4 8 8	«Технологический регламент на окраску материалами Stelpant», ГУП «Гормост», Москва, 1998г.
6.	Эстакада Третьего Транспортного кольца в районе стадиона «Лужники», Москва Окрашена в 1997 г.	<u>Для стальных металлоконструкций:</u> 1. Грунт PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм 2. Промежут. слой PU-Mica HS – 1 слой, 80 мкм 3. Декоративно-защитный слой PU-Mica UV, 1 слой, 80 мкм	240	Абразивоструйная очистка до Sa 2,5 по ISO 8501-1 Обезжиривание растворителем. Обеспыливание вакуумным отсосом	Пневматическое распыление	4 8 8	
7.	Эстакада в г. Горячий Ключ Окрашена в	<u>Для стальных металлоконструкций:</u> 1. Грунт PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм 2. Промежут. слой PU-Mica HS, 1 слой, 80 мкм 3. Декоративно-защитный, покрывный слой PU-Mica UV, 1 слой, 80 мкм	240	Абразивоструйная очистка до Sa 2,5 по ISO 8501-1 Обезжиривание растворителем. Обеспыливание вакуумным отсосом	Пневматическое распыление	2 6 6	

8.	<p>Мостовой переход через р.Волга в районе с. Пристанное, г.Саратов Окрашен в 1998-1999 гг. (1-ая очередь) Окрашен в 2009 г. (2-ая очередь)</p>	<p><u>Для металлоконструкций пролётных строений:</u> - <u>наружных</u></p>	<p>1. PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм</p> <p>2. PU-Mica HS – 1 слой, 80 мкм</p> <p>3. PU-Mica UV, 1 слой, 80 мкм</p>	240	<p>Абразивоструйная очистка до Sa 2,5 по ISO 8501-1 Обезжиривание растворителем. Обеспыливание вакуумным отсосом</p>	<p>Пневматическое распыление</p>	<p>2</p> <p>6</p> <p>8</p>	<p>Мостовой переход через р.Волга у с. Пристанное Саратовской обл. «Технологический регламент по окрашиванию мостовых металлоконструкций низового пролётного строения, утв. Министром по дорожному строительству Саратовской обл., А.Н.Орловым</p>
		<p>- <u>внутренних</u></p>	<p>1. PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм</p> <p>2. PU-Mica HS – 1 слой, 80 мкм</p>	160			<p>2</p> <p>8</p>	
		<p>- <u>перильное ограждение</u></p>	<p>1. PU-Zinc – 1 слой, 100 мкм</p> <p>2. PU-Sealing Alu – 1 слой, 60 мкм</p>	160			<p>2</p> <p>8</p>	
		<p><u>Для бетонных поверхностей:</u></p>	<p>1. PU-Repair, ≈100г/м²</p> <p>2. PU-Tiecoat, 1 слой, 90 мкм</p> <p>3. PU-Cover UV, 1 слой, 50 мкм</p>	160			<p>2</p> <p>6</p> <p>8</p>	
		<p><u>Для бетонных поверхностей, смачиваемых водой:</u></p>	<p>1. PU-Repair, ≈100г/м²</p> <p>2. PU-Combination, 3 слоя, 150 мкм</p> <p>3. PU-Cover UV, 1 слой, 50 мкм</p>	520			<p>2</p> <p>8</p> <p>8</p>	
		<p>Мостовой переход через р.Волга в районе с. Пристанное, г.Саратов Окрашен в 1998-1999 гг. (1-ая очередь) Окрашен в 2009 г. (2-ая очередь)</p>	<p>Мостовой переход через р.Волга у с. Пристанное Саратовской обл. «Технологический регламент по окрашиванию мостовых металлоконструкций низового пролётного строения, утв. Министром по дорожному строительству Саратовской обл., А.Н.Орловым</p>					

3. Методы освидетельствования

Обследование состояния декоративных и защитных свойств систем полиуретановых ЛКМ, нанесённых на металлоконструкции проводилось в соответствии с «Методикой освидетельствования объектов с противокоррозионной защитой ЛКМ», разработанной ВНИИК и в соответствии с ОДМ 218.4.002-2009 «Рекомендации по защите от коррозии конструкций, эксплуатируемых на автомобильных дорогах Российской Федерации мостовых сооружений, ограждений и дорожных знаков», ГОСТ 9.407-84 «Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида» и ГОСТ 9.401-91 «Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов».

Декоративные свойства определяли по изменению таких свойств наружного покрытия, как изменение блеска (Б), изменение цвета (Ц), грязеудержание (Г), меление (М). Изменение блеска, цвета, грязеудержания и меления определяли в баллах (табл.2, ГОСТ 9.407-84). Количественную обобщенную оценку декоративных свойств (АД) проводили в соответствии с рекомендуемым Приложением ГОСТ 9.407-84 и Приложениями 8, 10, 11 ГОСТ 9.401-91.

Защитные свойства системы ЛКМ. При оценке изменения защитных свойств системы PU-Stelpant определяли такие показатели, регламентируемые ГОСТ 9.401-91, как растрескивание (Т), отслаивание (С), образование пузырей (П), наличие подпленочной коррозии (К). Эти показатели (дефекты) существенно снижают защитные свойства покрытий. Обобщенную оценку защитных свойств (АЗ) проводили в соответствии с рекомендациями Приложения 11 ГОСТ 9.401-91.

Толщину системы защитного покрытия на соответствие проектной документации определяли толщиномером «Mega-check 5F»; точность измерения ± 10 мкм.

Адгезию оценивали методом решётчатых и крестообразных надрезов по ГОСТ 15140-78 «Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии», а в некоторых случаях методом нормального отрыва «грибков» на металлоконструкциях по ИСО 4624-2002 (в МПа).

Фотографирование объекта, его участков проводили цифровой видеокамерой «Sony».

Определение цвета покрытия проводили по Каталогу RAL «classic», сравнивая цвет покрывного слоя Stelpant-PU-Mica UV с эталонным в каталоге.

4. Результаты освидетельствования

В таблице 3 приведены результаты освидетельствования объектов.

Анализ полученных результатов приводит к следующей оценке декоративных и защитных свойств ЛКМ Stelpant:

1. Системы покрытий на металлоконструкциях объектов, эксплуатирующихся 6 и 7 лет (путепровод в г. Климовск, Московской области; мосты Лейтенанта Шмидта и ж/д через Обводный канал в Санкт-Петербурге) имеют хорошие декоративные и высокие защитные свойства, высокую адгезию к металлу, толщина покрытия соответствует или несколько превышает заданную соответствующими «Регламентами...». Так, например, осмотр металлоконструкций моста Лейтенанта Шмидта у опоры №5 в непосредственной близости от воды, где находятся противовес разводного пролёта, фермы и др. металлоконструкции, показал, что система ЛКМ Stelpant находится в хорошем состоянии. Поверхность покрытия ровная, гладкая без пузырей, вздутий, отслоений, коррозия металла отсутствует. Укосы, дугообразные и поперечные балки в хорошем состоянии; низ ортотропной плиты, обращённый к воде – без коррозионных поражений, на болтовых соединениях – полное отсутствие коррозии.

Необходимо отметить, что на покрытия моста воздействует комплекс агрессивных факторов: влажная атмосфера и перепады температур, брызги морской и пресной воды, высокая увлажнённость, периодическая конденсация влаги. В этих жёстких условиях система ЛКМ Stelpant за семилетний срок эксплуатации показала высокий уровень защиты. Толщина системы покрытий, измеренная непосредственно на объекте, составила 285-321 мкм; эта толщина достаточна, чтобы обеспечить высокую защиту стальных конструкций. Обобщённый показатель защитных свойств $A_3=1,0$. Несколько ниже у ЛКМ Stelpant декоративные свойства ($A_Д=0,92\div 0,95$). Это связано в основном с высокой запылённостью весенней атмосферы С-Петербурга и повышенным показателем грязеудержания (Γ).

2. Система покрытий Stelpant-PU-Zinc + Stelpant-PU-Mica HS + Stelpant-PU-Mica UV на металлоконструкциях объектов, эксплуатировавшихся 15-16 лет (Пушкинский мост, развязка МКАД и Ярославского шоссе, эстакада ТТК в «Лужниках», Москва, Мостовой переход через р. Волга в районе с. Пристанное (г. Саратов)), находятся в хорошем состоянии, значительных нарушений покрытий не наблюдается. Трещины, отслаивания, пузыри на покрытии отсутствуют; подплёночной коррозии металла не наблюдается. Защитные свойства этой системы покрытий могут быть оценены как Т1С1П1К1; обобщённая оценка защитных свойств $A_3=1$. На большинстве объектов толщина покрытия в среднем составляет не менее 240 мкм и соответствует проектной, хотя имеются отдельные участки, где толщина покрытия менее 240 мкм. Адгезия системы покрытий, определённая методом решётчатых надрезов, соответствует баллу 1 по ГОСТ 15140-78, т.е. имеет максимальное значение. Адгезионная прочность, определённая по методу нормального отрыва (ISO 4624-2002), составила более 5,0 МПа, что существенно превышает значения для других видов покрытий (например, эпоксидных). В целом, система ЛКМ Stelpant по металлоконструкциям объектов, эксплуатировавшихся 15-16 лет в достаточно жёстких климатических условиях, показала высокую эффективность защитных свойств. Судя по внешнему виду, адгезии и др. показателям качества, можно ожидать, что вышеуказанная система будет эффективно защищать стальные конструкции ещё не менее 5 лет.

3. Противокоррозионная защита железобетонных опор путепровода, эстакад съездов, моста (путепровод через Московскую ж/д в г. Климовск, эстакады транспортных развязок МКАД и Ярославского шоссе, эстакада в г. Горячий Ключ) выполнены следующей системой ЛКМ Stelpant: лак пропиточный Stelpant-PU-Repair, 10-20мкм + Stelpant-PU-Tiecoat-90мкм + Stelpant-PU-Cover UV, 50мкм (или Stelpant-PU-Mica UV, 80мкм). Внешний слой покрытия белого цвета, стойкий к УФ-излучению. Система покрытий, эксплуатирующаяся 6 и 15 лет имеет хороший внешний вид, отслаивание, пузырение покрытия, растрескивание отсутствуют; коррозионных разрушений железобетона нет. Адгезия покрытия, определённая крестообразным надрезом, высокая (балл 1), методом нормального отрыва (ISO 4624-2002) составляет 4,38МПа. Величина адгезионной прочности на бетоне несколько ниже, чем на металлоконструкциях, но достаточно высокая, чтобы обеспечить хорошее сцепление покрытия с бетоном. Заполнение бетонных пор жидко-текучим лаком Stelpant-PU-Repair существенно увеличивает защитные свойства системы покрытия Stelpant к бетону. В целом система покрытий по железобетону выбрана правильно, работы по противокоррозионной защите выполнены качественно; что обеспечило длительные сроки эксплуатации защитных покрытий и, соответственно железобетонных опор.

4. Декоративные свойства систем покрытий Stelpant, такие как блеск (Б), цвет (Ц), меление (М), грязеудержание (Γ), по большинству освидетельствованных объектов оценены баллом 1, т.е. практически за время эксплуатации 7,15,16 лет не изменились. Декоративные свойства в соответствии с ГОСТ 9.401-91 могут быть описаны как Б1Ц1М1Г1, а обобщённая оценка декоративных свойств составляет $A_Д=1,0$. Цвет покрытия соответствует исходному, что

обусловлено введением в покрывной слой специальных добавок, обеспечивающих стойкость покрытия к УФ-излучению. На некоторых объектах (Пушкинский мост, эстакада в г. Горячий Ключ, мост лейтенанта Шмидта) наблюдали незначительные проявления меления (М) или грязеудержания (Г), которые, в целом, на внешний вид объектов не оказывало существенного влияния, однако снижало обобщённый показатель декоративных свойств до $AD=0,91\div 0,95$. Следует отметить очень сильную загрязненность (запылённость) покрытий всех обследованных городских объектов; она значительно меньше на эстакадах в Московской области и г. Горячий Ключ.

5. На металлоконструкциях некоторых объектов, эксплуатировавшихся 15-16 лет, обнаружены небольшие коррозионные поражения по торцевым поверхностям некоторых балочных конструкций, по рёбрам стальных пластин с болтовыми соединениями угловых элементов конструкции (рис. 2,3). Эти поражения связаны с некачественным исполнением работ при нанесении систем защитных покрытий, несоблюдение толщин покрытий, плохой подготовкой торцевых поверхностей и рёбер стальных элементов. Именно на этих участках обнаружены минимальные толщины покрытий, не соответствующие нормативной документации. В ряде мест обнаружены случайные механические повреждения системы покрытий (царапины, сдиры покрытия, ударные деформации и т.п.) до металла. Несмотря на эти нарушения интенсивной коррозии стальной поверхности не наблюдали; отсутствовали локальные коррозионные поражения (язвы, питтинги). В целом эти коррозионные поражения невелики, влияния на прочность и долговечность металлоконструкций объектов оказать не могут.

6. Ранее, нами, в 1995 г. на основе рекомендаций ГОСТ 9.401-91, были рассчитаны прогнозные сроки службы использованных систем покрытий Stelpan в умеренно-холодном климате РФ, которые составили 20 лет. Результаты освидетельствования металлоконструкций и железобетонных опор мостов, мостовых переходов, эстакад с вышеуказанными системами покрытий Stelpan показывают, что эти прогнозные сроки реальны. Маловероятно, чтобы за последние 3-4 года произошло резкое изменение защитных и декоративных свойств покрытий. Проведённые в последние годы дополнительные исследования, наш опыт лабораторных и натурных испытаний подобных систем Stelpan свидетельствует, что эти системы ЛКМ могут служить не менее 25-30 лет.

В соответствии с требованиями Еврокодов [8] и, в частности, EN12944-1 «Защита металлоконструкций от коррозии с применением защитных лакокрасочных покрытий», защитные ЛКМ для мостов выбирают из расчёта 15-ти летней службы. Системы ЛКМ Stelpan уже выдержали эти сроки и будут служить существенно большее время. Европейский стандарт EN12944-1 – по-видимому устарел и требует пересмотра и корректировки.

Таблица 3

Оценка защитных и декоративных свойств систем ЛКМ PU-Stelpant на освидетельствованных объектах

№ п/п	Вид объекта, его местоположение	Система покрытий PU-Stelpant по проекту, толщина слоёв, их количество	Общая толщина по проекту, мкм	Измеренная толщина, мкм (15 измерений)	Адгезия системы покрытий		Свойства покрытия	Оценка защитных и декоративных свойств по ГОСТ 9.407-84** и ГОСТ 9.401-91***	Обобщенная оценка защитных и декоративных и защитных свойств по ГОСТ 9.401-91***	
					Решётчатый надрез по ГОСТ 15140, балл*	Нормальный отрыв по ИСО 4624, МПа				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Путепровод через Московскую железную дорогу в г.Климовске, Московской области	<u>Для металлоконструкций:</u>		240-270	250-349	1	5,5	декоративные	Б1Ц1М1Г1	АД=1,0
		1. PU-Zinc , 1 слой, 80-90 мкм 2. PU-Mica HS, 1 слой, 80-90 мкм 3. PU-Mica UV, 1 слой, 80-90 мкм						защитные	Т1С1П1К1	АЗ=1,0
		<u>Для бетонных опор:</u>		160	–	1	–	декоративные	Б1Ц1М1Г1	АД=1,0
		1. PU-Repair, 2 слой, 20 мкм 2. PU-Tiescoat, 1 слой, 90 мкм 3. PU-Cover UV, 1 слой, 50 мкм						защитные	Т1С1П1К1	АЗ=1,0
2.	Железнодорожный мост через Обводный канал. Литер Б в г.Санкт-Петербурге	<u>Для металлоконструкций:</u>		240-270	237-315	1	5,5÷7,0	декоративные	Б1Ц1М1Г2	АД=0,92
		1. PU-Zinc – 1 слой, 80-90 мкм 2. PU-Mica HS – 1 слой, 80-90 мкм 3. PU-Mica UV, 1 слой, 80-90 мкм						защитные	Т1С1П1К1	АЗ=1,0

3.	Мост Лейтенанта Шмидта (ныне Благовещенский) через р.Нева в г.Санкт-Петербурге	<u>Поверхность из чугуна и силумина</u>	290	285-321	1	–	декоративные	Б1Ц1М1Г2	АД=0,95		
		Stelpant-PU-Repair – 1 слой, 10 мкм					защитные	Т1С1П1К1	А3=1,0		
		Stelpant-PU- Zinc – 2 слоя по 60 мкм									
		Stelpant-PU-Mica HS – 1 слой, 100 мкм									
Stelpant-PU-Cover UV-2K – 1 слой, 60 мкм											
3.	Мост Лейтенанта Шмидта (ныне Благовещенский) через р.Нева в г.Санкт-Петербурге	<u>Металлоконструкции</u>	220-240	231-305	1	5,0	декоративные	Б1Ц1М1Г2	АД=0,95		
		Stelpant-PU-Zinc – 1 слой, 80-100 мкм					защитные	Т1С1П1К1	А3=1,0		
		Stelpant-PU-Mica HS – 1 слой, 70-90 мкм									
		Stelpant-PU-Mica UV, RAL-7023, 1 слой, 70-90 мкм									
4.	Пушкинский (Андреевский) мост, г.Москва	<u>Металлоконструкции арки:</u>	240	232-336	1	–	декоративные	Б1Ц1М2Г1	АД=0,93		
		1. PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм					защитные	Т1С1П1К1	А3=1,0		
		2. PU-Mica HS – 1 слой, 80 мкм									
4.	Пушкинский (Андреевский) мост, г.Москва	3. PU-Mica UV, 1 слой, 80 мкм									
		5.	Развязка Московской кольцевой автомобильной дороги и Ярославского шоссе, эстакады съездов 1А и 5А, Москва	<u>Для металлоконструкций:</u>	200	240-255	1	5,5	декоративные	Б1Ц1М1Г2	АД=0,91
				1. PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм					защитные	Т1С1П1К1	А3=1,0
2. PU-Mica HS – 1 слой, 80 мкм											
5.	Развязка Московской кольцевой автомобильной дороги и Ярославского шоссе, эстакады съездов 1А и 5А, Москва	3. PU-Mica UV, 1 слой, 40 мкм									
		6.	Эстакада Третьего Транспортного кольца в районе стадиона «Лужники, Москва	<u>Для стальных металлоконструкций:</u>	240	235-312	1	–	декоративные	Б1Ц1М1Г2	АД=0,91
				1. PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм					защитные	Т1С1П1К1	А3=1,0
2. PU-Mica HS – 1 слой, 80 мкм											
6.	Эстакада Третьего Транспортного кольца в районе стадиона «Лужники, Москва	3. PU-Mica UV, 1 слой, 80 мкм									

7.	Эстакада в г. Горячий Ключ	<u>Для стальных металлоконструкций:</u>				1	4,8	декоративные	Б1Ц2М1Г1	АД=0,93
		1. PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм	240	252-295	1			4,8	защитные	Т1С1П1К1
2. PU-Mica HS, 1 слой, 80 мкм	3. PU-Mica UV, 1 слой, 80 мкм	декоративные				Б1Ц1М1Г1	АД=1,0			
1. PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм									240	252-295
8.	Мостовой переход через р.Волга в районе с. Пристанное, г.Саратов Окрашен в 1998-1999 гг. (1-ая очередь) Окрашен в 2009 г. (2-ая очередь)	<u>Для металлоконструкций пролётных строений:</u>				1	4,8	декоративные		
		<u>- наружных</u>								
		1. PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм	240	252-295	1	4,8	защитные	Т1С1П1К1	АЗ=1,0	
		2. PU-Mica HS – 1 слой, 80 мкм								
		3. PU-Mica UV, 1 слой, 80 мкм								
		<u>- внутренних</u>				1	-	защитные	Т1С1П1К1	АЗ=1,0
1. PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм	160	195-221								
2. PU-Mica HS – 1 слой, 80 мкм			160	170-210	1	-	декоративные	Б1Ц1М1Г1	АД=1,0	
<u>- перильное ограждение</u>										
1. PU-Zinc – 1 слой, 100 мкм	160	170-210								
2. PU- Sealing Alu – 1 слой, 60 мкм										
<u>Для бетонных поверхностей:</u>				1	-	декоративные	Б1Ц1М1Г1	АД=1,0		
1. PU-Repair, ≈100г/м ²	160	191-230								
2. PU-Tiescoat, 1 слой, 90 мкм			защитные	Т1С1П1К1	АЗ=1,0					
3. PU-Cover UV, 1 слой, 50 мкм										

* Балл 1 – высокая адгезия, балл 4 – полное или частичное отслаивание покрытия

** Балл 1 – разрушение отсутствует (табл.4 ГОСТ 9.407-84), балл 5 – разрушение более 50% покрытия

*** Расчет в соответствии с формулой (2) рекомендуемого приложения ГОСТ 9.407-84 и ГОСТ 9.401-91

5. Выводы

1. Проведено освидетельствование металлоконструкций и железобетонных опор 8 объектов (мостов, мостовых переходов, эстакад) с системами противокоррозионной защиты полиуретановыми покрытиями Stelpant, эксплуатировавшимися в умеренно-холодном, влажном климате России 7, 15, 16 лет. Установлено, что система покрытий Stelpant: Stelpant-PU-Zinc, 80 мкм + Stelpant-PU-Mica HS, 80 мкм + Stelpant-PU-Mica UV, 80 мкм, общей толщиной не менее 240 мкм, является оптимальной и при эксплуатации объектов показала высокие защитные свойства. Система покрытий имеет высокую адгезию к металлу и бетону, разрушений и дефектов покрытий не наблюдается, существенные коррозионные поражения отсутствуют. Декоративные свойства покрытий (цвет, блеск) в основном сохранились на уровне начальных, меление и грязеудержание – слабо изменились на некоторых объектах.

2. Рекомендованный европейским стандартом EN12944-1 срок службы защитных лакокрасочных покрытий в 15 лет, превышен системой покрытий Stelpant. По нашим данным, прогнозный срок службы использованной системы покрытий составит не менее 25-30 лет.

3. Эксплуатирующим мосты, эстакады, мостовые переходы организациям следует проводить ежегодные контрольные осмотры объектов и устранять недостатки, допущенные при нанесении покрытий: удалять дефекты, производить очистку от пыли, грязи, устранять частичные коррозионные поражения, проводить необходимые ремонтные работы покрытий. Это может существенно продлить эксплуатационные свойства покрытий, повысить надёжность и долговечность противокоррозионной защиты объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.С. Иванов, А.А. Козлов. Испытания защитных свойств систем лакокрасочных покрытий на основе однокомпонентных полиуретанов, отверждаемых влагой воздуха. – Химическая промышленность, № 2, 1995, с.102-106.
2. А.И. Ликверман, Ф.Б. Глазман, К.О. Распоров. Эффективная защита металлических конструкций мостов от коррозии. – Транспортное строительство, №8, 2001, с.18-21.
3. Б.Г. Островский, М.Н. Смирнов. Проектирование защиты металлических конструкций мостов от коррозии. – Транспортное строительство, №12, 2002, с.28-32
4. К. Мюллер. Экономичное антикоррозионное покрытие новых металлоконструкций. – Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, №4, 2004, с.9-10.
5. Е.С. Иванов, Ф. Мюллер. Исследование защитных свойств лакокрасочных полиуретановых покрытий Stelpant. – Коррозия территории нефтегаз, №3(5), 2006, с.34-40.
6. Е.С. Иванов, А.Ю. Хлупов. Новые системы лакокрасочных материалов для комплексной противокоррозионной защиты оборудования нефтегазодобывающей отрасли. - Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, №4, 2004, с.15-17.
7. Е.С. Иванов. Полиуретановые лакокрасочные материалы PU- Stelpant. – Полиуретановые технологии, №4 (7), 2006, с.42-48.
8. А.Ю. Хлупов, А.Е. Иванова. Олимпийским объектам мостостроения – надёжную защиту. Транспортное строительство, №7, 2009, с.29-31.
9. Е.С. Иванов, А.Е. Иванова. Влияние воды на отверждение полиуретановых лакокрасочных покрытий Stelpant. - Практика противокоррозионной защиты, №1 (55), 2010, с. 13-16.
10. Е.С. Иванов, А.Е. Иванова. Полиуретановые лакокрасочные покрытия для защиты от коррозии на предприятиях металлургии. – Металлург, №3, 2012, с.70-74.
11. Е.С. Иванов, К. Мюллер. Исследование противокоррозионной защиты трубных сталей лакокрасочными покрытиями PU- Stelpant методом импедансной спектроскопии (EIS). – Тезисы докладов Международной конференции «Противокоррозионная защита – ключ к энергетической и экологической безопасности», 3-5 декабря 2013 г., с.42.
12. Миндаугас Пакнис. Долговечность мостов по требованиям европейских нормативных документов. - Мостостроение мира, №1, 2014, с.73-80.

Рецензент: Овчинников Игорь Георгиевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортное строительство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Evgeny Ivanov

All-Russian Scientific Research Institute of Corrosion (VNIIC)
Russia, Moscow

E-mail: iec1939@yandex.ru

The efficiency of the anti-corrosion protection of bridges, bridge overpasses and flyovers metal and ferroconcrete structures with polyurethane paint systems Stelpant. The results of the examination.

Abstract. 8 objects were examined for the efficiency of the anti-corrosion protection with Stelpantsystems – bridges, bridge overpasses, trestles, which were operated in the industrial atmosphere of Moscow, S-Petersburg, Goryachiy Klutch and Saratov within the period of 6,7,15 and 16 years. The purpose of examination is to estimate the protective qualities of Stelpant materials on the objects operated in different climatic regions within the period of 5-16 years. This would allow to update the forecast for the service life of the systems and probably to improve the composition and production technology of Steelpaint GmbH (Germany) anti-corrosion materials. It was determined that the system for metal structures Stelpant-PU-Zinc + Stelpant-PU-Mica HS + Stelpant-PU-Mica UV, with the thickness not less than 200-240 mkm, and for the concrete surfaces - Stelpant-PU-Repair + Stelpant-PU-Tiecoat + Stelpant-PU-Cover UV with the thickness not less than 160 mkm provide effective protection from corrosion, preserve the decorative qualities in the course of operation and highly adhesive to metal. The condition of the examined systems confirms the laboratory forecasted service life of the steel structures in the boreal climate of RF – not less than 20 years. According to the examination data it is supposed to update the service life forecast up to 25-30 years.

Keywords: metal structures; bridges; bridge overpasses; flyovers; railings; ferroconcrete structures; concrete bearings; orthotropic plate; anti-corrosion protection efficiency; decorative qualities; paint materials; adhesion; decorative and protective showings of paint materials; corrosion; aggressive mediums and atmospheres.

REFERENCES

1. E.S. Ivanov, A.A. Kozlov. Ispytaniya zashhitnyh svojstv sistem lakokrasochnyh pokrytij na osnove odnokomponentnyh poliuretanov, otverzhdaemyh vlagoj vozduha. – Himicheskaja promyshlennost', № 2, 1995, s.102-106.
2. A.I. Likverman, F.B. Glazman, K.O. Rasporov. Jeffektivnaja zashhita metallicheskih konstrukcij mostov ot korrozii. – Transportnoe stroitel'stvo, №8, 2001, s.18-21.
3. B.G. Ostrovskij, M.N. Smirnov. Proektirovanie zashhity metallicheskih konstrukcij mostov ot korrozii. – Transportnoe stroitel'stvo, №12, 2002, s.28-32
4. K. Mjuller. Jekonomichnoe antikorrozionnoe pokrytie novyh metallokonstrukcij. – Zashhita okruzhajushhej sredy v neftegazovom komplekse, №4, 2004, s.9-10.
5. E.S. Ivanov, F. Mjuller. Issledovanie zashhitnyh svojstv lakokrasochnyh poliuretanovyh pokrytij Stelpant. – Korrozija territorii neftegaz, №3(5), 2006, s.34-40.
6. E.S. Ivanov, A.Ju. Hlupov. Novye sistemy lakokrasochnyh materialov dlja kompleksnoj protivokorrozionnoj zashhity oborudovanija neftegazodobyvajushhej otrasli. - Zashhita okruzhajushhej sredy v neftegazovom komplekse, №4, 2004, s.15-17.
7. E.S. Ivanov. Poliuretanovye lakokrasochnye materialy PU- Stelpant. – Poliuretanovye tehnologii, №4 (7), 2006, s.42-48.
8. A.Ju. Hlupov, A.E. Ivanova. Olimpijskim ob#ektam mostostroenija – nadjozhnjuju zashhitu. Transportnoe stroitel'stvo, №7, 2009, s.29-31.
9. E.S. Ivanov, A.E. Ivanova. Vlijanie vody na otverzhdenie poliuretanovyh lakokrasochnyh pokrytij Stelpant. - Praktika protivokorrozionnoj zashhity, №1 (55), 2010, s. 13-16.
10. E.S. Ivanov, A.E. Ivanova. Poliuretanovye lakokrasochnye pokrytija dlja zashhity ot korrozii na predpriyatijah metallurgii. – Metallurg, №3, 2012, s.70-74.
11. E.S. Ivanov, K. Mjuller. Issledovanie protivokorrozionnoj zashhity trubnyh stalej lakokrasochnymi pokrytijami PU- Stelpant metodom impedansnoj spektroskopii (EIS). – Tezisy dokladov Mezhdunarodnoj konferencii «Protivokorrozionnaja zashhita – kljuch k jenergeticheskoj i jekologicheskoj bezopasnosti», 3-5 dekabrja 2013 g., s.42.
12. Mindaugas Paknis. Dolgovechnost' mostov po trebovanijam evropejskih normativnyh dokumentov. - Mostostroenie mira, №1, 2014, s.73-80.