

Д.А. Абзалова¹, Д.С. Мырзалиев¹, О.Б. Сейдуллаева¹, Т.Б. Сеулханов¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В процессе эксплуатации машин и их деталей под влиянием атмосферных и механических воздействий и резкой смены температур лакокрасочное покрытие тускнеет, теряет свой первоначальный цвет, на нем появляются трещины, царапины, сколы и другие дефекты, то же происходит и с крупногабаритными конструкциями. Для поддержания хорошего внешнего вида требуется постоянный уход, а также частичная или полная замена лакокрасочного покрытия. Проведение научно-исследовательской работы вызвано необходимостью системного изложения накопленных знаний в области исследования долговечности лакокрасочных покрытий техники, а также совершенствования технологии нанесения лакокрасочных покрытий с целью повышения их долговечности при производстве техники машиностроительной отрасли. В предлагаемой работе исследуются свойства лакокрасочных материалов и покрытий, методы их испытания и предлагается экспериментально подтвержденное направление совершенствования технологии нанесения лакокрасочных покрытий с целью повышения долговечности деталей машин при эксплуатации техники.

Ключевые слова: лакокрасочное покрытие, агрессивная среда, защитные свойства, адгезионная прочность, долговечность покрытий.

Түйіндеме. Металды коррозиядан қорғау-баяудың маңызды функциясы. Атмосфералық және механикалық әсерлерден машиналар мен олардың бөлшектерін пайдалану және температураның күрт өзгеруі кезінде бояулар мен лактар түсіп кетеді, бастапқы түсін жоғалтады, жарықтар, сызаттар, чиптер және басқа да ақаулар пайда болады, сонымен қатар үлкен құрылымдарда да болады. Жақсы көріністі сақтау үшін үнемі күтім қажет, сонымен қатар бояуды ішінара немесе толық ауыстыру қажет. Машина-трактор паркін (әсіресе тракторлар, Ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу техниканың лак-бояу жабындарының ұзақ мерзімділігін зерттеу саласында жинақталған білімді жүйелі түрде баяндау қажеттілігінен, сондай-ақ машина жасау саласының техникасын өндіру кезінде олардың ұзақ мерзімділігін арттыру мақсатында лак-бояу жабындарын жағу технологиясын жетілдіруден туындады. Ұсынылып отырған жұмыста лак-бояу материалдары мен жабындарының қасиеттері, оларды сынау әдістері зерттеледі және техниканы пайдалану кезінде

машина бөлшектерінің ұзақ мерзімділігін арттыру мақсатында лак-бояу жабындарын жағу технологиясын жетілдірудің эксперименттік расталған бағыты ұсынылады.

Түйінді сөздер: лак-бояу жабындысы, агрессивті орта, қорғаныс қасиеттері, жабысқақ беріктігі, жабындардың беріктігі.

Abstract. One of the ways to extend the service life of the machine is a high-quality paint plus maintenance and repair. Almost all components and parts of the machines have paint coatings, which improves the overall esthetics of the machine marketable look and protects the metal parts from corrosion. Protecting metal parts from corrosion is the most important function of paintwork. During the operation of machines and their parts under adverse effects of weather and mechanical impacts and sharp changes in temperature, the paint coating fades, loses its original color, while cracks, scratches, chips and other defects appear on it, the same happens with large-sized structures. To maintain a good appearance, constant maintenance is required, as well as partial or complete replacement of the paintwork. In the total scope of maintenance and repair of the machine and tractor fleet (especially tractors, trucks and combine harvesters), paintjob maintenance stands out. Carrying out research works caused by the need for a systematic presentation of accumulated knowledge in the field of research of durability of coatings technology and improvement of application technology of coatings with the aim of increasing their durability in the manufacture of engineering machinery industry. In this paper, we investigate the properties of paints and coatings, methods of testing and is offered experimentally confirmed the direction of improving the technology of applying coatings with the aim of improving the durability of machine parts during operation of the equipment.

Keywords: paint coating, aggressive environment, protective properties, adhesive strength, durability of coatings.

Введение. Эффективность применения лакокрасочного материала в качестве защитного покрытия устанавливается на основе строго научного определения его оптимальной долговечности. С этой целью были исследованы защитные свойства лакокрасочных покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана, полученного на основе отходов гидролизной промышленности [1,2]. При существующей тенденции развития машиностроительной промышленности эффективное снижение стоимости деталей машин, оборудования затрат на противокоррозионную защиту и эксплуатационных затрат при высокой степени надежности работ и необходимой долговечности оборудования является важнейшей задачей. Решение этой

задачи во многом зависит от осуществления ряда мероприятий, одним из которых является создание эффективных защитных покрытий. Долговечность и эффективность защиты металлов покрытия в значительной степени определяется качеством подготовки поверхности перед окрашиванием.

Анализ зарубежных и отечественных работ в области создания рецептур различных покрытий свидетельствует о том, что и наиболее перспективными являются: разработка и освоение выпуска составов, эффективных при нанесении на прокорродировавший металл; использование новых «малых» добавок, обеспечивающих как более активное взаимодействие с продуктами коррозии, так и торможение коррозионного процесса в целом; использование пленкообразователей и модифицирующих добавок на основе отходов различных производств. Одним из путей решения этих проблем по поиску методов окраски металла -использование таких покрытий, т.е. веществ, вступающие в химическое взаимодействие с продуктами коррозии и превращающие их слой, который прочно удерживается на поверхности металла, тормозит процесс коррозии и обеспечивает хорошее сцепление с лаками и красками.

Методы исследования. Методология и методы исследования предлагаемых способов нанесения лакокрасочных покрытий включают в себя проведение их лабораторных и натурных испытаний, экспериментальные методы определения долговечности лакокрасочных покрытий. Предлагаемые подходы и методы базируются на основных положениях теории надежности машин и их деталей, методах планирования эксперимента, экспериментальных исследованиях прочности лакокрасочных покрытий. Используются различные методы исследования защитных свойств разработанных лакокрасочных покрытий в соответствии с ГОСТ.

Результаты исследования. Цель работы - исследование защитных свойств комплексных систем химически стойких лакокрасочных покрытий в различных агрессивных средах [3-5]. Лакокрасочное покрытие, разработано на основе отходов местного производства, и предназначено для защиты противокорродированных металлоконструкций, деталей машин и оборудования от воздействия агрессивных сред кислого и основного характера. Работы в этом направлении были продолжены с целью повышения защитных свойств лакокрасочных покрытий, сокращения расхода дефицитных компонентов и снижения стоимости. Композиция разработана на основе дешевых, недефицитных компонентов, для нее характерны простота технологии изготовления и нанесения [6,7].

Испытание исследуемых покрытий в лабораторных условиях на химическую стойкость проводилось в соответствии с ГОСТ 9.403-90 методом полного погружения образцов в растворы серной 10 и 20%-й концентрации, в 10-20 %-й раствор NaOH, и 3%-й раствор NaCl. Обобщенная оценка состояния покрытий по сохранению защитных свойств системы покрытия ЭНБС_к с отвердителем ПЭПА, с наполнителем сажи марки ПМ-15 и без них проводилось в соответствии с ГОСТ 3.407-84. Указанная система ЭНБС_к + ПЭПА сохраняет защитные свойства без изменения в течение 120-200 суток. Результаты испытаний системы: ЭНБС_к + ПЭПА и ЭНБС_к + сажа марки ПМ-15 имеют аналогичный характер. Испытания в 20% растворе NaOH показали, что покрытие на основе эпоксидно-новолачных блоксополимеров ксилитана высокоэффективны. Системы покрытий с ЭНБС_к остаются почти без изменений при испытаниях в течение 300 и более суток. Результаты визуальных наблюдений за состоянием покрытий с наполнителем хорошо коррелируют с данными о защитных свойствах комплексных систем покрытий. Окончательные и наиболее достоверные выводы об эффективной и защитной способности покрытий можно сделать лишь по результатам испытаний комплексных систем лакокрасочных покрытий с их применением. Данные свидетельствуют о том, что наряду с защитными свойствами ЭНБС_к исследованы и физико-механические свойства покрытий: прочность при ударе-3-5,0 Дж; адгезия-1 балл. Эти показатели очень высоки, что указывает на её хорошие эксплуатационные качества в условиях случайных ударов. По качественным и эксплуатационным характеристикам разработанные покрытия не уступают, а по некоторым показателям превосходят промышленные эпоксидиановые покрытия. В соответствии с этим разработанный новый состав покрытия может быть использован для окраски техники, деталей машин и стальных поверхностей [8,9]. Особое место уделено исследованию разработке материала для получения токопроводящих покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана. Покрытие содержит 30 весовых частей сажи марки ПМ-15 на 70 весовых частей эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана.

Выбор тех или иных компонентов для создания токопроводящей лакокрасочной композиции определяется совокупностью требований, предъявляемых к покрытию в отношении его электрических, физических, химических и механических свойств. Наиболее общими требованиями в большинстве случаев являются следующие:

- возможность нанесения токопроводящего материала на поверхность изделий без тщательной ее подготовки, т.е. высокая адгезия покрытия;

- простота метода нанесения;
- отверждение покрытий при нормальной температуре (20-30°C);
- высокие физические и механические свойства покрытий

В связи с этим изучалась возможность использования в качестве отвердителя полиэтиленполиамин для покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и наполнителя сажи марки ПМ-15 при 20°C. Степень наполнения лакокрасочной системы оказывает влияние не только на электропроводность и структуру покрытий, но и на процесс их отверждения. Установлено, что увеличение степени наполнения сажей лакокрасочных покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана сопровождается увеличением скорости их отверждения. Следует отметить, что процесс отверждения, в свою очередь, оказывает влияние на электропроводность токопроводящих покрытий. Так, при изучении саженасыщенных покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана установлено, что электропроводность покрытий увеличивается в результате процесса отверждения. Последнее обуславливается увеличением фактической концентрации сажевых частиц вследствие улетучивания растворителя и низкомолекулярных фракций, уменьшения объема системы при поперечном сшивании макромолекул и за счет образования перемычек между подготовленными ранее элементами сажевых структур. Одновременно с этим поперечное сшивание макромолекул сопровождается дроблением агрегатов, состоящих из сажевых частиц, что приводит к увеличению концентрации. Уменьшение объема системы и увеличение концентрации частиц сажи способствует увеличению контактов «сажа-сажа» и повышению электропроводности системы. Эти процессы развиваются тем глубже, чем быстрее осуществляется процесс структурообразования, а также чем интенсивнее протекают процессы улетучивания низкомолекулярных фракций и увеличение степени поперечного сшивания. Химическая природа связующего не только определяет антикоррозионные, физико-химические и механические свойства, но и оказывает существенное влияние на их электропроводность. Дисперсионная среда, составляющая основу токопроводящей композиции, представляет собой смесь различных органических растворителей, в которых пленкообразующий материал может быть растворен. Хорошая смачивающая способность пленкообразующего - необходимое условие получения высококачественных электропроводящих лакокрасочных покрытий. Она обуславливает распределение наполнителя в дисперсионной среде в виде отдельных частиц, что способствует образованию непрерывных структур наполнителя. При исследовании влияния

химической природы связующего на распределение сажи в смолах, а также на структурно-механические и электрические свойства саженасыщенных композиций на основе новолачной феноло-формальдегидной и эпоксикилитановой смолы, было установлено, что напряжение сдвига при содержании сажи 20%, в эпоксикилитановой смоле почти в 2-2,5 раза выше, чем в новолачной феноло-формальдегидной смоле, так как сажевые частицы связаны с последней более прочно. Физико-механические свойства покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15

№	Свойства покрытий	Показатели
1	прочность пленки при изгибе по шкале ШГ, мм, не более	10
2	адгезия покрытия по методу решетчатых надрезов в баллах	1
3	твердость покрытия по маятниковому прибору типа М-3	0,89-0,92
4	удельное объемное сопротивление, ом·мм ² /м	1·10 ⁴ -5·10 ⁴
5	прочность пленки при ударе, кгс·см, не менее	50
6	толщина покрытия, мкм	100 -120
7	водопоглощение за 24 ч. при 20°С, %	0,08
8	усадка, %	0,2-0,8
9	предел прочности, МПА :	
	- при сжатии	120-140
	- при изгибе	80-110
10	теплостойкость по Вика, °С	120-130

Из приведенных данных физико-механических свойств покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 холодного режима отверждения следует, что покрытия обладают высокой адгезией и удовлетворительными механическими характеристиками. Покрытия, изготовленные на основе ЭНБС ксилитана, модифицированного сажой марки ПМ-15, отличаются хорошей адгезией, эластичностью, способностью отверждаться без выделения летучих веществ, малой усадкой в процессе отверждения, высокой механической прочностью, хорошей химической и атмосферной устойчивостью. Основные свойства эпоксикилитановых смол могут регулироваться выбором отвердителей и путем введения модификаторов и наполнителей. Наряду с физико-механическими свойствами, стойкость к внешним воздействиям является главным показателем определяющим качество лакокрасочных покрытий.

Адгезионная прочность зависит от структурных особенностей и химических свойств лакокрасочного покрытия. Для определения химической стойкости покрытий был выбран состав лакокрасочного покрытия на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 холодного режима отверждения. Испытания проводились в лабораторных условиях при комнатной температуре [9,10]. Исследования химической стойкости покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 холодного режима отверждения в различных агрессивных средах в соответствии с ГОСТ проводили в течение длительных сроков. Испытывали лакокрасочные покрытия, отвержденные по оптимальным режимам. Оценка качества покрытий и их антикоррозионных свойств производилась по четырехбалльной системе с учетом набухания (таблица 2).

Таблица 2- Система оценки химической стойкости покрытия

№	балл	оценка	изменение внешнего вида покрытия после экспонирования в агрессивной среде
1	1	весьма стойкое	без изменений
2	2	стойкое	незначительные изменения по цвету, потеря блеска
3	3	условно стойкое	набухание и образование вздутий или частичное растрескивание без коррозии металла под покрытием
4	4	нестойкое	отслоение и разрушение покрытия, коррозия металла под ним

В качестве подложки использовали углеродистую сталь Ст.3. Полученные данные позволяют утверждать, что коррозионная стойкость покрытий удовлетворительна. Результаты химической стойкости покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 холодного режима отверждения представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Химическая стойкость покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана

№	Покрытия на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 холодного режима отверждения			
	агрессивная среда	концентрация, %	время испытания, сут.	оценка стойкости Пк, балл
1	H ₂ O	дист.	500	1
2	NaCl	3	210	1
3	NaOH	10	140	1
4	NaOH	20	120	1
5	H ₂ SO ₄	10	180	1
6	H ₂ SO ₄	25	140	1

Полученные данные позволяют утверждать, что коррозионная стойкость покрытий в основном оставалась на хорошем уровне. Для оценки антикоррозионных свойств покрытий все большее значение приобрел емкостно-омический метод. Защитные свойства покрытий характеризуются по частотной зависимости, сопротивлению защищенных образцов и изменению их величин во времени. При отсутствии дефектов значения частотной зависимости (R) мало и сопротивление защищенных образцов и изменение их величин во времени (C) практически не зависят от частоты. Появление дефектов в пленке, нарушение сплошности приводят к увеличению (C) и росту ее зависимости от частоты. Следовательно, этот метод позволяет обнаруживать дефекты до их визуального проявления. В качестве электролитов использовали агрессивные среды: 3% NaCl и 10% HNO₃. Экспериментальные данные показали, что сразу после погружения покрытий в агрессивную среду, выявляется значительная зависимость сопротивления от частоты и не изменяется при этом емкость. Замеры производили на 15,45,150,240 сутки. Кривые, полученные после экспонирования покрытий в агрессивных средах, сохраняют первоначальный характер, что свидетельствует о том, что разработанные покрытия препятствуют проникновению коррозионно-активных сред к поверхности металла в течение длительного времени и могут быть применены в качестве защитных покрытий металлоконструкций и оборудования в машиностроении.

Выводы. Разработан оптимальный состав лакокрасочного покрытия на основе эпоксидно - новолачного блоксополимер ксилитана (ЭНБС_к) в смеси растворителей, наполнителя и отвердителя аминного типа, пригодный для получения покрытия холодного режима отверждения. Изучен процесс отверждения покрытия при комнатной температуре в присутствии отвердителя аминного типа. Показано, что эффективным отвердителем разработанного покрытия на основе эпоксидно - новолачного блоксополимера ксилитана является полиэтиленполиамин (ПЭПА), вводимый в количестве 5% от веса сухого остатка. Показано, что в качестве углеродного наполнителя токопроводящих составов на основе эпоксидно - новолачного блоксополимера ксилитана (ЭНБС_к) пригодна сажа марки ПМ-15, обладающая хорошим диспергированием в связующем и обеспечивающая получение покрытий с удельным объемом электрического сопротивления $1 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^4$ ом*мм²/м. Исследованы защитные свойства полученных покрытий на основе эпоксидно - новолачного блоксополимер ксилитана (ЭНБС_к) и эпоксидно - новолачного блоксополимери ксилитана (ЭНБС_к) + сажа марки ПМ-15. Установлена возможность использо-

вания разработанного состава для защиты деталей (узлов) машин от коррозии. Физико - механические и защитные свойства разработанного состава лакокрасочного покрытия не уступают показателям промышленных покрытий на основе эпоксидно-диановых блоксополимеров, модифицированных фенол-формальдегидными смолами. Разработанные покрытия обладают положительными свойствами, что подтверждено актами испытаний Южно - Казахстанского университета им. М.Ауэзова и предприятий «Эталон», «Карданвал», «ALASH GROUP KZ».

Список литературы

1 *Гольдберг М.М.* Лакокрасочные покрытия в машиностроении. М.: Машиностроение, 2004.- 576с. [Gol'dberg M.M. Lakokrasochnyye pokrytiya v mashinostroyenii.M.: Mashinostroyeniye, 2004.- 576s]

2 *Яковлев А.Д.* Химическая технология лакокрасочных покрытий. – Л.: Химическая промышленность, 2011.- 242 с.[Yakovlev A.D. Khimicheskaya tekhnologiya lakokrasochnykh pokrytiy. – L.: Khimicheskaya promyshlennost', 2011.- 242 s]

3 *Курчаткин В.В., Тельнов Н.Ф., Ачкасов К.А.* Надежность и ремонт машин / [и др.]. - М.: Колос, 2000.-776 с.[Kurchatkin, V.V. Nadezhnost' i remont mashin [Tekst] / V.V. Kurchatkin, N.F. Tel'nov, K.A. Achkasov [i dr.]. - М.: Kolos, 2000.-776 s]

4 *Syrmanova K.K., Abzalova D.A., Tuleuov A.M., Rivkina T.V.* - «Receipt features of modified corrosion resistant materials based on epoxy-novolacxyllitane block copolymers» - III INTERNATIONAL CONFERENCE «INDUSTRIAL TECHNOLOGIES AND ENGINEERING», ICITE-2016, October 28-29, 2016-M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, p.125

5 *Abzalova D.A., Syrmanova K.K., Negim E.Sayed, Kaldybekova Zh.B.* - «Studyof protective properties of the epoxyslitane modified coatings» - III INTERNATIONAL CONFERENCE «INDUSTRIAL TECHNOLOGIES AND ENGINEERING», ICITE-2016, October 28-29, 2016-M.Auezov South Kazakhstan State University , Shymkent, Kazakhstan

6 *Орлова О.В., Фомичева Т.Н.* Технология лаков и красок. М.: Химия, 2014.- 384с. [Orlova O.V., Fomicheva T.N. Tekhnologiya lakov i krasok. М.: Khimiya, 2014.- 384s.]

7 *Абзалова Д.А., Мырзалыев Д.С., Воеводин Е.П., Бахрам Ж.С., Жолбарыс Н.К.* Роль лакокрасочных покрытий в обеспечении долговечности и работоспособности сельскохозяйственной техники» - научный журнал «Вестник науки Южного Казахстана», №3(7), 2019г. - 86с. [Abzalova D.A., Myrzaliyev D.S., Voyevodin Ye.P., Bakhram Zh.S., Zholbarys N.K.- «Rol' lakokrasochnykh pokrytiy v obespechenii dolgovechnosti i rabotosposobnostisel'khozyaystvennoy tekhniki» - nauchnyy zhurnal «Vestnik nauki Yuzhnogo Kazakhstana», №3(7), 2019g. - 86s.]

8. *Демкин Н.Б., Рыжов Э.В.* Качество поверхности и контакт деталей машин. - М.: Машиностроение, 2010. - 244с. [Demkin N.B., Ryzhov E.V. Kachestvo poverkhnosti i kontakt detaley mashin. - M.: Mashinostroyeniye, 2010. - 244s]

9. *Суходоля А.В., Лихачева Т.Е.* Причины коррозии навесного оборудования из нержавеющей стали / // Автотранспортное предприятие. – М.: НПП Транснавигация, Минтранс России. - 2013. №3. -45с. [Sukhodolya, A.V. Prichiny korrozii navesnogo oborudovaniya iz nerzhaveyushchey stali / T.Ye. Likhacheva, A.V. Sukhodolya // Avtotransportnoye predpriyatiye. – M.: NPP Transnavigatsiya, Mintrans Rossii. - 2013. № 3. -45s.]

Абзалова Д.А., кандидат технических наук, доцент,
e-mail:dilya0158@mail.ru

Мырзалиев Д.С., кандидат технических наук, доцент,
e-mail: darkhan-m7@mail.ru

Сейдуллаева О.Б., магистр, преподаватель,
e-mail:orynkul_s@mail.ru

Сеилханов Т.Б., магистрант