



УДК 667.637.2

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-225-7-99-104

**З.К. Зайналов, А.В. Пчельников,
М.Д. Апаев, А.В. Агафонов**
Z.K. Zaynalov, A.V. Pchelnikov,
M.D. Apeev, A.V. Agafonov

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ АПК ЗА СЧЕТ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОКРАШИВАНИЯ

ENSURING OPERATING DURABILITY OF PROTECTIVE COATINGS OF FARMING MACHINERY AND EQUIPMENT THROUGH SUBSTANTIATION OF PAINTING PROCESS PARAMETERS

Ключевые слова: лакокрасочные материалы, сельскохозяйственная техника, лакокрасочные покрытия, адгезия, твердость, диэлектрическая проницаемость, инфракрасная сушка, конвекционная сушка, естественная сушка, печная сушка.

Условия эксплуатации техники и оборудования АПК отличаются повышенными нагрузками (ударные нагрузки, механические воздействия, воздействия соков растений и ядохимикатов и др.). В связи с этим свойствам создаваемых лакокрасочных покрытий на поверхностях машин оборудования АПК необходимо уделять особое внимание. При нанесении лакокрасочного материала следует точно выполнять технологию подготовки к окрашиванию, нанесения материала и сушки лакокрасочных покрытий. Таким образом, в связи с актуальностью данной темы авторами проведены исследования по обеспечению эксплуатационной стойкости защитных покрытий техники и оборудования АПК: обоснован выбор лакокрасочных материалов, проведены исследования адгезионной прочности, твердости, шероховатости и электрических характеристик в зависимости от применяемого вида сушки лакокрасочных покрытий, обоснован выбор способа сушки. По результатам проведенных исследований определено, что для окрашивания техники и оборудования АПК рекомендуется применять эмали «Вика-60» или «Мл-1110». Применение данных эмалей совместно с терморadiационным видом сушки позволяет получать равномерно гладкие покрытия с минимальным количеством дефектов, обладающие высокими показателями адгезионной прочности. Покрытия на основе эмалей «Вика-60» и

«Мл-1110» показывают наиболее положительную динамику при применении инфракрасной сушки, в этом случае адгезионная прочность повышается в 2-2,5 раза, по сравнению с естественной сушкой («Вика-60» – 3,39-4,02 МПа при характере отрыва 100% когезионный, «Мл-1110» – 5,18-5,83 мПа при характере отрыва 20% адгезионный – 80% когезионный). Также определена твердость лакокрасочного покрытия, покрытия на основе эмалей «Вика-60» и «Мл-1110», при применении терморadiационного способа сушки увеличивается твердость лакокрасочных покрытий в 2-2,5 раза, что обеспечивает повышение механической прочности.

Keywords: paintwork materials, agricultural machinery, coatings, adhesion, hardness, dielectric permeability, infrared drying, convection drying, natural drying, oven drying.

When applying paintwork material, it is necessary to accurately perform the technology of preparation for painting, application of material, and drying of paint coatings. Thus, due to the relevance of this topic, the authors have conducted research to ensure the operating durability of protective coatings of agricultural machinery and equipment: the choice of paintwork materials, studies of adhesive strength, hardness, roughness, and electrical characteristics depending on the type of drying of paint coatings, the choice of drying method is substantiated. Following the research, it is advised to use "Vika-60" or "MI-1110" enamels for painting farming machinery and equipment. The use of these enamels together with radiant heat drying allows getting uniformly smooth coatings with minimum number of defects, having high indices of adhesive strength. Coatings

based on enamels "Vika-60" and "MI-1110" show the most positive dynamics under infrared drying; in this case the adhesive strength increases 2-2.5 times in comparison with natural drying ("Vika-60" - 3.39-4.02 MPa with a breakaway pattern of 100% cohesive, and "MI-1110" - 5.18-5.83 MPa

with a breakaway pattern of 20% cohesive - 80% cohesive). The coatings based on "Vika-60" and "MI-1110" enamels when using radiant heat drying increase the hardness of the paintwork 2-2.5 times thus increasing high mechanical strength and resistance to operating loads.

Зайналов Зафар Камардинович, магистрант, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: zainalovzafar@yandex.ru.

Пчельников Александр Владимирович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: pchelaleksandr@mail.ru.

Апаев Мейрлан Дарханович, магистрант, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: apaev_00@mail.ru.

Агафонов Андрей Владимирович, студент, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: vladim416@yandex.ru.

Zaynalov Zafar Kamardinovich, master's degree student, Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: zainalovzafar@yandex.ru.

Pchelnikov Aleksandr Vladimirovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: pchelaleksandr@mail.ru.

Apayev Meyrlian Darkhanovich, master's degree student, Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: apaev_00@mail.ru.

Agafonov Andrey Vladimirovich, student, Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: vladim416@yandex.ru.

Введение

Техника и оборудование АПК работают в большинстве случаев в тяжелых условиях эксплуатации, характеризующихся климатическими и производственными факторами: перепады температур, снеговые и ветровые нагрузки, механические, химические воздействия и др. Таким образом, защитные лакокрасочные покрытия интенсивно изнашиваются, а металлические поверхности корродируют. В связи с этим покрытия техники и оборудования АПК должны обладать эксплуатационной стойкостью к вышеперечисленным воздействиям [1].

Обеспечить эксплуатационную стойкость защитных покрытий техники и оборудования АПК возможно разными способами, такими как применение специальных лакокрасочных материалов, использование модифицирующих добавок, применение современных технологий создания лакокрасочных покрытий [2]. Одним из важных технологических параметров создания лакокрасочных покрытий, за счет которого возможно обеспечить эксплуатационную стойкость защитных покрытий, является применение современных способов сушки лакокрасочных покрытий [3]. Так, терморadiационная сушка обеспечивает равномерное высыхание лакокрасочного материала с внутренних слоев, что позволяет молекулам лакокрасочного материала образовывать более плотные связи по всему объему материала.

Сушка лакокрасочных покрытий производится для отверждения окрасочного слоя и может осуществляться либо только путем испарения растворителей (материалы типа нитроцеллю-

лозных, перхлорвиниловых лаков и эмалей), либо за счет химических процессов окисления, конденсации и полимеризации (материалы типа масляных, алкидных, карбамидных, полиэфирных лаков и эмалей и т.д.).

При выборе метода и режима сушки лакокрасочных покрытий учитывают применяемый лакокрасочный материал, характеристику окрашиваемых объектов, технологические ограничения по температурному режиму, наличие производственных площадей для организации процесса сушки и т.п. [4]. Процесс естественной (воздушной) сушки при 18-20°C большинства применяемых материалов весьма продолжителен (более 24 ч) и требует больших производственных площадей. Искусственная сушка – наиболее эффективное средство ускорения процесса образования покрытия, который включает в себя три основных типа: терморadiационная, конвекционная, печная сушка [5].

Цель исследования – обеспечение эксплуатационной стойкости защитных покрытий техники и оборудования АПК за счет обоснования технологических параметров окрашивания.

Объекты и методы

Для получения лакокрасочных покрытий приняты эмали «Вика-60», «Мл-1110», и «Пф-115», выбор которых обоснован в предыдущих исследованиях [6]. Для проведения испытаний подготовлены образцы в соответствии с ISO 1514. Адгезионная прочность лакокрасочных покрытий определялась в соответствии с ГОСТ 32299-2013, ГОСТ 28574-2014. Толщина лакокрасочного покрытия – с ISO 2808. Твердость по каран-

дашу лакокрасочного покрытия – с ГОСТ Р 54586-2011. Шероховатость лакокрасочных покрытий – с ГОСТ Р 51694-2000. Электрические характеристики лакокрасочных покрытий – с ГОСТ Р 8.623-2015 [7].

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены результаты адгезионной прочности, шероховатости, твердости, электрических характеристик лакокрасочных покрытий на основе выбранных эмалей при применении различных видов сушки.

При проведении исследований по определению адгезионной прочности лакокрасочных покрытий (табл. 1) было установлено, что эмаль «ПФ-115» не соответствует требованиям для покрытий техники и оборудования АПК, так как значения адгезионной прочности являются крайне низкими 0,2-0,7 МПа (в 5-10 раз ниже остальных), а характер отрыва во всех случаях 100% адгезионный. Покрытия на основе эмалей «Вика-60» и «Мл-1110» показывают наиболее

положительную динамику при применении инфракрасной сушки, в этом случае адгезионная прочность повышается в 2-2,5 раза, по сравнению с естественной сушкой («Вика-60» – 3,39-4,02 МПа при характере отрыва 100% когезионный, а «Мл-1110» – 5,18-5,83 МПа при характере отрыва 20% адгезионный – 80% когезионный). Следует отметить, что при применении инфракрасной сушки для эмалей «Вика-60» и «Мл-1110» также повышается и твердость лакокрасочного покрытия по сравнению с другими видами сушки. Так, у эмали «Вика-60» при инфракрасной сушке твердость достигает 4Н, а при естественной, конвекционной и печной сушке твердость – Н. У эмали «Мл-1110» при применении инфракрасной сушки твердость составляет 7Н, когда при применении других видов сушки (естественная, конвекционная и печная) твердость составляет 2Н, 3В, 2Н соответственно.

Таблица 1

Результаты испытаний защитных покрытий

Параметр	Адгезионная прочность, МПа			Электрические характеристики		
	Значение отрыва / характер отрыва			Диэлектрическая проницаемость(ξ)/ тангенс угла диэлектрических потерь ($tg\delta$)		
Вид эмали	Вика-60	Мл-1110	ПФ-115	Вика-60	Мл-1110	ПФ-115
Естественная сушка	3,0-3,65 А-80 -- К-20	3,34-3,56 А-80 -- К-20	0,61-0,71 А-100	$\xi=15,11$ $tg\delta= 0,012$	$\xi=14,46$ $tg\delta=0,011$	$\xi=15,06$ $tg\delta=0,012$
Конвекционная сушка	3,09-3,17 А-75 --- К25	3,03-3,19 К-100	0,4-0,6 А-100	$\xi=15,24$ $tg\delta=0,014$	$\xi=15,11$ $tg\delta=0,015$	$\xi=14,91$ $tg\delta= 0,016$
ИК-сушка	3,39-4,02 К 100	5,18-5,83 А-20 -- К-80	0,3-0,6 А-100	$\xi=15,24$ $tg\delta= 0,013$	$\xi=15,37$ $tg\delta=0,011$	$\xi=15,49$ $tg\delta=0,014$
Печная сушка	2,31-2,68 А-80 --- К-20	3,41-4 А-80 -- К-20	0,21-0,26 А-100	$\xi=14,53$ $tg\delta= 0,010$	$\xi=15,23$ $tg\delta=0,011$	$\xi=15,29$ $tg\delta=0,011$
Примечание. А – адгезионный характер отрыва; К – когезионный характер отрыва.						
Параметр	Шероховатость Ra, мкм			Твердость по карандашу		
Естественная сушка	0,024	0,28	0,278	Н	2Н	5Н
Конвекционная сушка	0,238	0,199	0,257	Н	3В	НВ
ИК-сушка	0,119	0,159	0,181	4Н	7Н	3Н
Печная сушка	0,022	5,231	0,393	Н	2Н	5Н

Результаты исследования электрических характеристик лакокрасочных покрытий показали, что больших изменений в показателях тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости не наблюдается, что говорит о стабильности антистатических качеств покрытий и их проводимости.

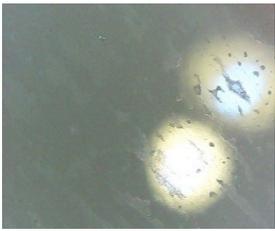
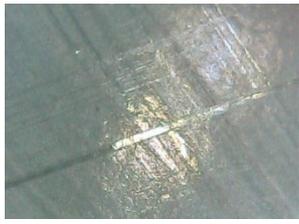
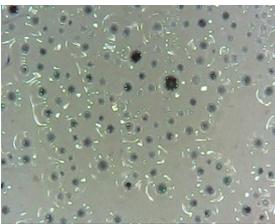
При исследовании шероховатости покрытий определено, что при применении терморadiационного вида сушки поверхность покрытий на основе эмалей «Вика-60» и «Мл-1110» становится более гладкой и равномерной в соответствии с ГОСТ 9.032-74. При применении естественной, конвекционной и печной сушки на по-

верхностях лакокрасочных покрытий образуются такие дефекты, как трещины, отслоения, кратера, вспучивания эмали и т.д. Таким образом, покрытия не отвечают предъявляемым требованиям по декоративным качествам.

Для более подробного исследования структуры получаемых покрытий проводились исследования при помощи цифрового микроскопа Digital с оптическим зумом x1000 (табл. 2).

Таблица 2

Анализ структуры лакокрасочного покрытия под микроскопом

Вид сушки	Вид эмали		
	1. Вика-60	2. Мл-1110	3. ПФ-115
А. Естественная сушка			
Б. Конвекционная сушка			
В. ИК-сушка			
Г. Печная сушка			

По результатам анализа полученных фотографий можно отметить, что с наименьшим количеством дефектов наиболее гладкой поверхностью являются образцы 1В и 2В. На образцах 1А, 1Б, 1Г видны такие дефекты, как трещины, царапины, вспучивания эмали. На образцах 2А, 2Б, 2Г образуются такие дефекты, как кратера,

неровности, трещины и т.д. Поверхности на образцах 3А, 3Б, 3В, 3Г обладают такими дефектами, как царапины, впадины, высокая шероховатость, шагрень, и т.д.

Заключение

По результатам проведенных исследований определено, что для окрашивания техники и оборудования АПК рекомендуется применять эмали «Вика-60» или «Мл-1110». Применение данных эмалей совместно с терморadiационным видом сушки позволяет получать равномерно гладкие покрытия с минимальным количеством дефектов, обладающие высокими показателями адгезионной прочности. Покрытия на основе эмалей «Вика-60» и «Мл-1110» показывают наиболее положительную динамику при применении инфракрасной сушки, в этом случае адгезионная прочность повышается в 2-2,5 раза, по сравнению с естественной сушкой («Вика-60» – 3,39-4,02 МПа при характере отрыва 100% когезионный, а «Мл-1110» – 5,18-5,83 МПа при характере отрыва 20% адгезионный, 80% когезионный). Исследование твердости лакокрасочных покрытий показало, что на основе эмалей «Вика-60» и «Мл-1110» при применении терморadiационного способа сушки увеличивается твердость лакокрасочных покрытий в 2-2,5 раза, что обеспечивает высокую механическую прочность покрытий. Также покрытия на основе данных эмалей позволяют получать равномерную гладкую структуру с минимумом дефектов, что характеризует повышенную эксплуатационную стойкость покрытий и высокие декоративные качества.

Библиографический список

1. Актуальность применения современных методов сушки лакокрасочных покрытий при окрашивании машин и оборудования АПК / З. К. Зайналов, Б. М. Муслихов, А. В. Пчельников, Д. Сунжидмаа. – Текст: непосредственный // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: материалы XIII Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ (г. Новосибирск, 15 декабря 2021 г.). – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского гос-

ударственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 22-28. – EDN XLVZPT.

2. Исследование влияния мелкодисперсных порошковых материалов на свойства защитных покрытий машин АПК / А. П. Пичугин, А. П. Илясов, А. В. Пчельников [и др.]. – Текст: непосредственный // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2021. – № 7. – С. 36-40. – DOI 10.31044/1684-2561-2021-0-7-36-40. – EDN KORRXT.

3. Barton, K. (1973). Schutz gegen atmosphärische Korrosion. Weinheim: VCH Verlagsges 1973.

4. Wen, X., Tian, N., Gong, J., et al. (2013), Effect of nanosized carbon black on thermal stability and flame retardancy of polypropylene/carbon nanotubes nanocomposites. *Polym. Adv. Technol.*, 24: 971-977. <https://doi.org/10.1002/pat.3172>.

5. Кулезнев, В. Н Химия и физика полимеров / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнев. – Москва: Высшая школа, 1988. – 312 с. – Текст: непосредственный.

6. Анализ лакокрасочных материалов, применяемых для окрашивания техники и оборудования АПК / З. К. Зайналов, М. Д. Апаев, И. В. Вяткин, В. Н. Хрянин // Интеллектуальный потенциал Сибири: сборник научных трудов 30-й региональной научной студенческой конференции (г. Новосибирск, 23-27 мая 2022 г.) – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2022. – С. 558-561. – EDN IRLQYT.

7. Определение состояния лакокрасочных покрытий по диэлектрическим характеристикам / З. К. Зайналов, М. Д. Апаев, А. В. Пчельников [и др.]. – Текст: непосредственный // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: материалы XIV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доцента М. А. Анфиногенова (г. Новосибирск, 10-11 ноября 2022 г.). – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2022. – С. 74-78

References

1. Aktualnost primeneniia sovremennykh metodov sushki lakokrasochnykh pokrytii pri okrashivanii mashin i oborudovaniia APK / Z.K. Zainalov, B.M. Muslikhov, A.V. Pchel'nikov, D. Sunzhidmaa // Sostoianie i innovatsii tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniia: Materialy XIII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, posviashchennoi 70-letiiu kafedry Nadezhnosti i remonta mashin FGBOU VO Novosibirskogo GAU, Novosibirsk, 15 dekabria 2021 goda. – Novosibirsk: Izdatelskii tsentr Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta "Zolotoi kolos", 2021. – S. 22-28. – EDN XLVZPT.
2. Issledovanie vlianiia melkodispersnykh poroshkovykh materialov na svoistva zashchitnykh pokrytii mashin APK / A.P. Pichugin, A.P. Iliarov, A.V. Pchel'nikov [i dr.] // Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiia. – 2021. – No. 7. – S. 36-40. – DOI 10.31044/1684-2561-2021-0-7-36-40. – EDN KORRXT.
3. Barton, K. (1973). Schutz gegen atmosphärische Korrosion. Weinheim: VCH Verlagsges 1973.
4. Wen, X., Tian, N., Gong, J., et al. (2013), Effect of nanosized carbon black on thermal stability and flame retardancy of polypropylene/carbon nanotubes nanocomposites. *Polym. Adv. Technol.*, 24: 971-977. <https://doi.org/10.1002/pat.3172>.
5. Kuleznev, V.N., Shershnev V.A. Khimiia i fizika polimerov. - Moskva: Vyssh. shk., 1988. – 312 s.
6. Analiz lakokrasochnykh materialov, primeniemykh dlia okrashivaniia tekhniki i oborudovaniia APK / Z.K. Zainalov, M.D. Apaev, I.V. Viatkin, V.N. Khriianin // Intellektualnyi potentsial Sibiri: Sbornik nauchnykh trudov. 30-ia Regionalnaia nauchnaia studencheskaia konferentsiia, Novosibirsk, 23-27 maia 2022 goda. – Novosibirsk: Novosibirskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2022. – S. 558-561. – EDN IRLQYT
7. Opredelenie sostoianiia lakokrasochnykh pokrytii po dielektricheskim kharakteristikam / Z.K. Zainalov, M.D. Apaev, A.V. Pchel'nikov [i dr.] // Sostoianie i innovatsii tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniia: Materialy XIV mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi pamiati dotsenta M.A. Anfinogenova, Novosibirsk, 10-11 noiabria 2022 goda. – Novosibirsk: Izdatelskii tsentr Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta "Zolotoi kolos", 2022. – S. 74-78.

