

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой химии Санкт-Петербургского государственного морского технического университета Трусова Валерия Ивановича на диссертацию Уваровой Екатерины Андреевны **«РАЗРАБОТКА БЕЗБИОЦИДНОГО ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ С НИЗКОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИЕЙ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОГО ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СУДОВ ОТ ОБРАСТАНИЯ»**, представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – материаловедение (технические науки)

Представленная к защите диссертационная работа Уваровой Е.А. посвящена разработке первого отечественного безбицидного покрытия для защиты морских судов от обрастания. Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений, поскольку речь идет о негативном влиянии обрастателей на экономические и экологические показатели эксплуатации судна, такие как высокое сопротивление движению, повышение веса и снижение скорости судна, увеличения расхода топлива, затрат на перевозку грузов и удаления обрастателей как при сухом доковании, так и в подводных условиях, к ускорению процессов коррозии из-за преждевременного разрушения противокоррозионных покрытий. Основным средством защиты служат лакокрасочные покрытия – содержащие биоциды и безбицидные. Покрытия первого типа составляют большинство, их широкое использование в настоящее время лимитировано жесткими требованиями экологической безопасности, повсеместно запрещено применение как оловоорганических биоцидов, так и любых других высокотоксичных веществ в составе покрытий для подводного борта.

Безбицидные покрытия – относительно новый вид покрытий, который обеспечивает защиту от обрастания подводных поверхностей судов и морских сооружений на других принципах, они в полной мере соответствуют требованиям Международной конвенции 2008 года о контроле за вредными противообрастающими системами на судах.

| | |
|--|-------------|
| НИЦ «Курчатовский институт»- ЦНИИ КМ «Прометей» | |
| Вх. № 2946/17 26/12 ДЕЛО | № _____ |
| «11» 09 2022 г. | подп. _____ |
| Осн. _____ л. | |
| Прил. _____ л. | |

Именно поэтому **целью** диссертационной работы явилась разработка лакокрасочного покрытия с низкой поверхностной энергией для морских судов на основе эпоксидного пленкообразователя за счет модификации олигомерами двухатомных фенолов, обеспечивающей длительную сохранность гидрофобных свойств, и фтор- и кремнийорганическими гидрофобизаторами.

Для достижения поставленной цели решался целый ряд научно-технических задач, в частности:

- определение степени влияния модификаторов, применяемых при синтезе эпоксидного пленкообразователя (олигомеров на основе двухатомных фенолов) на твердость и плотность пленки;
- исследование влияния содержания фторорганических гидрофобизаторов и отвердителей на краевой угол смачивания покрытия;
- установление закономерностей влияния плотности и твердости пленки на гидрофобность покрытия и способность сохранять поверхностные свойства в процессе эксплуатации;
- выбор оптимальных систем лакокрасочных материалов, разработка лабораторной технологии синтеза выбранных составов и выполнение отработки разработанной технологии в промышленных условиях;
- исследование влияния состава эмалей на физико-механические и поверхностные свойства покрытия (адгезию, шероховатость, твердость, плотность, эластичность при изгибе, устойчивость к истиранию, прочность при ударе);
- выполнение опытного окрашивания морского транспортного средства для оценки обрастания при натуральных испытаниях в морской воде в акватории Черного моря.

Диссертация изложена на 156 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов, списка литературы из 102 наименований и приложений. Работа содержит 54 рисунка и 12 таблиц.

В *первой* главе рассмотрено современное состояние проблемы морского биологического обрастания. В литературном обзоре представлены основные типы и механизмы обрастания, технические, экономические и экологические последствия обрастания судов и объектов морской техники. Несмотря на большое разнообразие методов защиты от обрастания, наиболее популярны противообрастающие (содержащие биоциды) и необрастающие (не содержащие биоцидов) лакокрасочные покрытия, имеющие разные основы, механизмы защиты от обрастания (контактные и с регулируемым выщелачиванием биоцида, самополирующиеся). Безбиоцидные покрытия разделены на две основные группы с «удалением обрастателей» и «предотвращением прикрепления». Срок их службы определяется в конечном счете способностью сохранять свои поверхностные свойства в морской воде в течение длительного времени. Там же сформулированы общие принципы производства ЛКМ.

Во *второй* главе описаны методы исследования и обоснован выбор химического состава исходных компонентов для синтеза пленкообразователя. В работе использованы эпоксидные пленкообразователи, модифицированные ароматически сопряженным гидроксифениленом. Такие покрытия обладают высокой адгезией, высокими барьерными, физико-механическими и электроизоляционными свойствами, низким внутренним напряжением и малой поверхностной энергией. Такой выбор не вызывает сомнений.

На основании аналитического обзора литературы установлено, что наиболее эффективными модификаторами лакокрасочных материалов являются фтор- и кремнийорганические соединения. И те, и другие обеспечивают высокий гидрофобизирующий эффект, сохраняющийся в процессе эксплуатации.

В *третьей и четвертой* главах представлены все полученные в работе экспериментальные данные. Прежде всего, это синтетическая часть, в которой предложены условия лабораторного синтеза пленкообразователя покрытий (олигомеров изомеров двухатомных фенолов) и процессы их эпоксидирования

– введения олигомеров в эпоксидную основу. В дальнейшем пленкообразователи гидрофобизировались. В качестве гидрофобизаторов, которые отвечают за наличие достаточного количества поверхностно-активных групп на поверхности, были выбраны перфторполиэфирные жидкости, перфторполиэфирные жидкости с концевыми триэтоксисилановыми группами с различной молекулярной массой и высокодисперсный фторопласт. В качестве основного контролируемого параметра измерялся краевой угол смачивания. Как показали исследования, наиболее высокий краевой угол смачивания был получен путем введения перфторполиэфирной жидкости с триэтоксисилановыми группами в эпоксидный бромированный пленкообразователь, модифицированный олигомером на основе гидрохинона, и сформированный с использованием отвердителя АГМ-9. Краевой угол смачивания такого эпоксидного бромированного покрытия составил 120° .

Стабильность гидрофобных свойств эмалей изучена проведением испытаний на стойкость к воздействию искусственной морской воды (5%-ный водный NaCl при температуре 40°C и аэрации). Продолжительность испытаний составила 2000ч, что соответствует 5 годам эксплуатации в морской воде. При этом значение краевого угла смачивания составило 105° , то есть, покрытие сохраняет свои гидрофобные свойства и полностью работоспособно на протяжении 5 лет.

Технология изготовления пленкообразователя и эмали воспроизводима в заводских условиях, режимы синтеза практически полностью совпадают с лабораторными параметрами, что важно для сохранения показателей качества выпускаемого ЛКМ в серийном масштабе. Все физико-механические характеристики разработанной эмали отвечают общим требованиям к ЛКМ для судостроения. Поскольку новый материал должен применяться в системе покрытия со штатными противокоррозионными эмалями, обоснована их полная совместимость. Иными словами, речь идет о выполнении всех нормативных требований технической сертификации нового лакокрасочного материала для судостроительной отрасли.

По тексту диссертации имеется ряд вопросов и замечаний:

1. В работе не обсуждается работоспособность предложенного покрытия в условиях катодной поляризации корпуса судна при комбинации с системами катодной и протекторной электрохимической защиты.
2. В работе отсутствует оценка экономической эффективности разработанного покрытия в сравнении с зарубежными аналогами.
3. Из 102-х ссылок на литературу только 12 на отечественные источники. Неужели ни в одном научном центре РФ не проводилось систематических исследований безбицидных необрастающих ЛКМ?
4. На стр.28 диссертации речь идет о тенденции к увеличению поверхностной энергии в процессе эксплуатации, а ранее на стр.7 – о тенденции к ее снижению?
5. На стр.9 твердость пленки выражена в единицах «у.е.», а на стр.56 в тех же единицах выражена средняя молекулярная масса олигомеров?

В целом необходимо отметить, что диссертантом проделана исключительно большая, трудоемкая работа, главным достижением которой явилось первое отечественное безбицидное покрытие. Разработаны технологии изготовления и применения эмали «Прогидроф», весь комплекс необходимой НТД. Предложенная эмаль успешно выдержала многоцелевые лабораторные испытания, и, главное – апробацию путем пробного окрашивания на судне в натуральных черноморских условиях. Эмаль защищена полученным патентом на изобретение РФ. Это позволяет сделать вывод о достижении поставленной цели исследования и **законченности** научно-квалификационной работы. Автореферат и публикации отражают основное содержание диссертации.

По актуальности, новизне, уровню выполнения, объему, научной и практической ценности полученных результатов диссертационная работа полностью отвечает требованиям, предъявляемых к кандидатским

диссертациям (пункты 9-14 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. в редакции от 18.03.2023 №415), а её автор Уварова Екатерина Андреевна - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17– материаловедение (технические науки).

Официальный оппонент:

Трусов Валерий Иванович, заведующий кафедрой химии Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, доктор технических наук по специальности 11.00.11 – охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, профессор

Трусов В.И.

Дата составления – 07.09.2023г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» (СПбГМТУ)

Почтовый адрес: 190121 Санкт-Петербург, Лоцманская ул.,3

E-mail: vtrui2008@mail.ru тел. 8(921)9326953

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» (СПбГМТУ)

Подпись В.И. Трусов _____ заверяю

На: заведующий отдела кадров

_____ 20__

Начальник
отдела кадров
Е.Ю. Демидов



Ознакомлено
Трусов 11.09.23