

НИИЦ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 2971/17-26/12	ДЕЛО
«13» 09 2023 г.	№ _____
Осн. 5 л.	подп. _____
Прил. _____ л.	

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
АО «НИПТБ Онега»,  
канд. техн. наук



К.Н. Куликов

2023 г.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Уваровой Екатерины Андреевны  
на соискание ученой степени кандидата технических наук, на тему  
«Разработка безбицидного лакокрасочного покрытия с низкой поверхностной  
энергией на основе эпоксидного пленкообразователя для защиты судов от  
обрастания»,  
по специальности 2.6.17.- Материаловедение  
(технические науки)

Диссертационная работа Уваровой Екатерины Андреевны «Разработка безбицидного лакокрасочного покрытия с низкой поверхностной энергией на основе эпоксидного пленкообразователя для защиты судов от обрастания» посвящена вопросам предотвращения обрастания судов и кораблей различными растительными и животными микро- и макроорганизмами.

### Актуальность работы

Обрастание растительными и животными микро- и макроорганизмами оказывает отрицательное влияние на эксплуатационные характеристики кораблей: скорость, расход топлива, период докования и др., а также вызывает усиление коррозии подводной части корпусов кораблей.

Основным средством защиты от обрастаний на кораблях ВМФ являются противообрастающие лакокрасочные покрытия содержащие биоциды (токсичные для обрастателей соединения меди, олова).

При использовании биоцидов возникает вопрос защиты окружающей среды, т.к. при работе противообрастающего ЛКП происходит постепенное растворение ядовитых компонентов и насыщение ими слоя воды, соприкасающегося с окрашенной поверхностью. При этом от ядов гибнут не только обрастатели, но и полезные обитатели глубин.

Исходя из экологической составляющей применения противообрастающих лакокрасочных покрытий, представленная работа является особенно актуальной.

Также привлекает внимание, что представленная система безбицидного покрытия с низкой поверхностной энергией на основе эпоксидного пленкообразователя:

- эмаль «Аргоф ЭП» (красно-коричневая) - 2 слоя – 240 мкм;

- эмаль «Прогидроф» (красно-коричневая) - 1 слой – 80 мкм сохраняет свои гидрофобные свойства на протяжении 5 лет, тогда как срок службы применяемых противоположающихся систем покрытия содержащих биоциды – не более 2 лет.

**Научная новизна** полученных результатов:

- доказано, что для создания рассматриваемого безбиоцидного лакокрасочного покрытия, обладающего низкой поверхностной энергией, необходимо при синтезе эпоксидной смолы использовать модификатор (олигомер гидрохинона) с наибольшей плотностью, что позволяет при добавлении гидрофобизатора более прочно закреплять его в полученном покрытии, при этом плотность пленки находится на уровне  $1,5 \text{ г/см}^3$ ;

- установлено, что оптимальное количество гидрофобизатора (фторопласта, перфторполиэфирной жидкости и перфторполиэфирной жидкости с триэтоксисилановыми группами) для создания покрытия с низкой поверхностной энергией составляет  $3+0,1 \%$ , при этом при использовании перфторполиэфирных жидкостей с триэтоксисилановыми группами с молекулярной массой  $\sim 2200 \text{ г/моль}$  возможно создать покрытие с краевым углом смачивания не менее  $116^\circ$ , обеспечивая значение поверхностной энергии не выше  $20 \text{ мДж/м}^2$ ;

- получены новые зависимости влияния плотности и твердости пленки на гидрофобные и физико-механические свойства покрытия: с увеличением твердости пленки в диапазоне  $0,5 - 0,7 \text{ у.е.}$  увеличивается гидрофобность (снижается поверхностная энергия) покрытия и улучшается способность покрытия сохранять свои поверхностные свойства в процессе эксплуатации, без ухудшения физико-механических характеристик. Дальнейшее увеличение твердости пленки приводит к охрупчиванию покрытий и ухудшению прочности пленки при ударе и эластичности пленки при изгибе. С увеличением плотности пленки покрытия улучшается устойчивость покрытия к истиранию от  $30 \%$  до  $40 \%$ ;

- разработан безбиоцидный лакокрасочный материал на основе эпоксидного пленкообразующего, модифицированного олигомером гидрохинона и с использованием в качестве гидрофобизатора перфторполиэфирной жидкости с триэтоксисилановыми группами, что позволяет обеспечить значение краевого угла смачивания на уровне  $116^\circ$  и придать необрастающие свойства поверхности покрытия.

**Достоверность** полученных в диссертационной работе научных результатов подтверждается большим объемом выполненных экспериментов с применением современных методов исследования на уникальном диагностическом и технологическом оборудовании, прошедшем метрологическую поверку; апробацией

результатов; воспроизводимостью результатов экспериментов. Выводы и рекомендации работы подтверждены результатами климатических и натуральных испытаний.

**Практическая значимость** полученных Уваровой Е.А. результатов теоретических исследований состоит в следующем:

- разработан состав безбиоцидного лакокрасочного покрытия и опробована технология изготовления пленкообразователя и эмали с низкой поверхностной энергией в промышленных условиях завода. Подписан Акт внедрения эмали «Прогидроф» на АО «Соликамский завод «Урал»;

- разработана технологическая документация;

- разработаны технические условия на пленкообразующее с литерой «0» № 2313-160-07516250-2015, дата введения 29.06.2015;

- разработаны технические условия на эмаль с литерой «0» № 2313-160-07516250-2015, дата введения 29.06.2015;

- созданное лакокрасочное покрытие с низкой **поверхностной энергией** испытано в акватории Черного моря. Опробована технология нанесения эмали «Прогидроф» на подводной части корпуса морского транспортного средства «ПСК-139». На судоремонтном заводе подписан акт внедрения эмали.

**Апробация** работы наиболее полно характеризуется уровнем выступлений автора на четырех Российских и международных научно-технических конференциях, публикациями в 5 научных трудах, из них 4 статьи в журналах, рекомендованных перечнем ВАК, в том числе 2 статьи изданы на английском языке и индексируются в БД WoS и SCOPUS, получен патент РФ на изобретение.

Диссертация состоит из четырех глав:

- в первой главе приведен анализ научно-технической литературы по перспективным материалам, предназначенным для защиты от обрастания, методам их синтеза и принципам работы. Описан процесс биологического обрастания и на его основе рассмотрены требования к полимерам для создания безбиоцидного покрытия. Приведен обзор двух вариантов создания безбиоцидного покрытия с принципом действия: «удаление обрастателей» и «предотвращение прикрепления обрастателей»;

- во второй главе приводится краткое описание применяемых в работе материалов, а также современных методов исследования: краевого угла смачивания, технологических и физико-механических характеристик, удельный износ по массе, климатические испытания, совместимость со штатными покрытиями и натурные испытания на объекте;

- в третьей главе приведена экспериментальная часть. Исследование эпоксидных пленкообразователей, модифицированных олигомерами на основе двухатомных фенолов и создание на их основе покрытий с низкой поверхностной энергией;

- в четвертой главе рассмотрено создание эмалей на основе эпоксидных пленкообразователей и исследование влияния плотности пленки на физико-механические свойства эмалей. Натурные и ускоренные лабораторные испытания покрытия «Прогидроф».

По автореферату диссертации следует сделать следующие замечания.

1 Технологические параметры нанесения эмали «Прогидроф» не приведены. Поэтому сравнить по технологичности эмаль «Прогидроф» с применяемыми в настоящее время противообрастающими материалами не представляется возможным.

2 В части натурных испытаний покрытия. Не указан промежуток времени между нанесением материалов «Аргоф ЭП», «Прогидроф» и оценкой состояния покрытия на основе этих материалов.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки научной и практической ценности диссертации. Диссертация Уваровой Екатерины Андреевны «Разработка безбицидного лакокрасочного покрытия с низкой поверхностной энергией на основе эпоксидного пленкообразователя для защиты судов от обрастания» отвечает критериям, указанным в параграфе II Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденных постановлениями Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Канд. техн. наук,  
Начальник отдела



С.В. Добровенко

Сведения о составителе отзыва:

**Добровенко Сергей Вячеславович** – заместитель главного инженера по научной работе, начальник отдела – главный технолог, канд. техн. наук.  
Тел.: 8(8184)596-514, e-mail: Dobrovenko@onegastar.ru.

**АО «НИПТБ» Онега»**

Россия, 164509, Архангельская обл., г. Северодвинск, пр-д Машиностроителей,  
д. 12. Тел.: 8(8184)52-55-52, <http://onegastar.ru/>