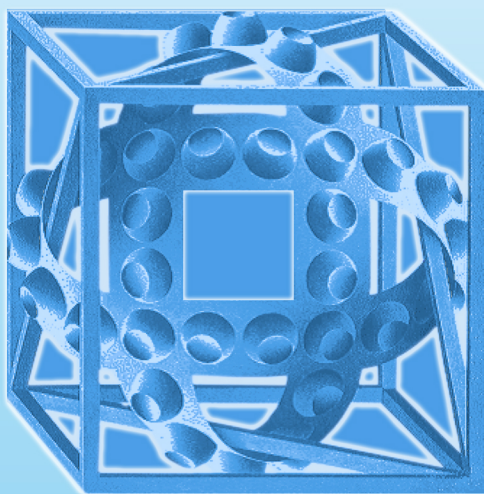


А.В. Букетов, С.О. Сметанкін,
Т.В. Чернявська, М.В. Браїло,
О.О. Сапронов, В.В. Соценко,
К.Ю. Юренін, В.Г. Кулініч,
С.В. Якущенко, В.М. Яцюк



**МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ
УСТАТКУВАННЯ РІЧКОВОГО ТА МОРСЬКОГО
ТРАНСПОРТУ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ
МОДИФІКОВАНИХ ЗАХИСНИХ
АНТИКОРОЗІЙНИХ ПОКРИТТІВ**



Монографія

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Херсонська державна морська академія

**МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ
УСТАТКУВАННЯ РІЧКОВОГО ТА МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ
ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ ЗАХИСНИХ
АНТИКОРОЗІЙНИХ ПОКРИТТІВ**

Монографія

Херсон
ХДМА
2021

Рецензенти:

О.Л. Ляшук – доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри автомобілів Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя;

Е.А. Лисенков – доктор фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри інтелектуальних інформаційних систем
Чорноморського національного університету імені Петра Могили;

А.В. Шарко – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри транспортних технологій та механічної інженерії
Херсонської державної морської академії

*Рекомендовано до друку на засіданні Вченої ради
Херсонської державної морської академії
(протокол № 5 від 14.12.2020 року)*

Метод підвищення ресурсу роботи устаткування річкового та морського транспорту за рахунок
М 54 використання модифікованих захисних антикорозійних покриттів: монографія / Букетов А.В.,
Сметанкін С.О., Чернявська Т.В., Браїло М.В., Сапронов О.О., Соценко В.В., Юренін К.Ю., Кулініч
В.Г., Якущенко С.В., Яцюк В.М. – Херсон : ХДМА, 2021. – 126 с.
ISBN 978-966-2245-69-1

Монографія присвячена вирішенню науково-технічної задачі, яка полягає у збільшенні ресурсу роботи технологічного устаткування водного транспорту за рахунок використання розроблених модифікованих захисних антикорозійних покриттів, а також у встановленні закономірностей взаємозв'язку фізико-механічних, теплофізичних та антикорозійних властивостей зі структурою матеріалів, яку регулюють прогнозованим введенням у зв'язувач добавок за оптимального вмісту.

Доведено необхідність використання модифікуючої добавки у вигляді дисперсних часток фітинової кислоти як органічного екологічно чистого продукту для поліпшення когезійної міцності і антикорозійних властивостей епоксидних композитів для захисних покриттів. Встановлено вплив синтезованої залізо-карбідної шихти у вигляді суміші заліза, карбідів заліза і титану на властивості композитів. Вивчено фізико-хімічну взаємодію на межі розділу фаз «полімерна матриця – дисперсна добавка». На основі проведених експериментів та аналізу отриманих даних розроблено антикорозійні епоксикомпозитні покриття для відновлення деталей технологічного устаткування морського та річкового транспорту.

Монографія призначена для широкого кола науковців, інженерно-технічних працівників і аспірантів, які займаються формуванням, дослідженням та практичним застосуванням епоксикомпозитних матеріалів, зокрема для відновлення елементів засобів транспорту, а також для студентів відповідних спеціальностей.

УДК 667.648.2:656.6:629.5

ISBN 978-966-2245-69-1

© Букетов А.В., Сметанкін С.О., Чернявська Т.В.,
Браїло М.В., Сапронов О.О., Соценко В.В.,
Юренін К.Ю., Кулініч В.Г., Якущенко С.В.,
Яцюк В.М., 2021

© ХДМА, 2021

ЗМІСТ

Передмова.....	4
Перелік умовних скорочень.....	6
Розділ 1. Стан питання щодо антикорозійного захисту засобів транспорту.....	7
1.1. Загальні відомості про корозію та методи її попередження.....	7
1.2. Використання полімерів для захисту елементів сучасного водного транспорту від корозії.....	17
Розділ 2. Структура і властивості модифікованої фталімідом епоксидної матриці.....	29
2.1 Модифікована епоксидна матриця для захисту засобів транспорту: адгезійні та фізико-механічні властивості.....	29
2.2 Модифікована фталімідом епоксидна матриця для захисту засобів транспорту: теплостійкість і термічний коефіцієнт лінійного розширення.....	41
2.3 Дослідження процесів термодеструкції модифікованих композитів методом термогравіметричного та диференціально-термічного аналізу	51
2.4 Дослідження структури модифікованої фталімідом епоксидної матриці методом ІЧ-спектрального аналізу	62
Розділ 3. Вплив мікродисперсних наповнювачів на властивості епоксидних композитів для транспортної галузі.....	70
3.1. Дослідження впливу синтезованої залізо-карбідної шихти на адгезійні і механічні властивості епоксидних композитів для деталей транспортних машин.....	70
3.2. Дослідження впливу синтезованої залізо-карбідної шихти на теплофізичні властивості епоксидних покриттів для транспортної галузі.....	82
3.3. Властивості епоксидних композитів, наповнених фітиновою кислотою.....	92
3.4. Розробка математичної моделі для оптимізації вмісту компонентів при формуванні захисних покриттів з метою відновлення засобів транспорту.....	97
3.5. Корозійна стійкість розроблених матеріалів у агресивних середовищах.....	107
3.6. Склад, технологія формування антикорозійного покриття для водного транспорту.....	111
Список літературних джерел.....	116

ПЕРЕДМОВА

Монографія присвячена вирішенню питань, які полягають у збільшенні ресурсу роботи устаткування річкового та морського транспорту за рахунок використання розроблених модифікованих антикорозійних захисних покриттів. Авторами розроблено метод спрямованого керування процесами взаємодії між компонентами епоксидного полімеру, що дозволило створити новий клас композитних матеріалів і покриттів на їх основі з високими показниками експлуатаційних характеристик, призначених для відновлення засобів водного транспорту.

Актуальність розкритого у монографії напрямку досліджень зумовлена тим, що незважаючи на широкий спектр відомих на сьогодні полімерних композитів найбільш поширеними є антикорозійні адгезиви на основі епоксидних олігомерів. При формуванні таких матеріалів на стадії зшивання у зв'язувач вводять різного роду добавки, що забезпечує підвищення ступеня гелеутворення гетерогенних систем і, як наслідок, приводить до поліпшення їх властивостей. При цьому слід зазначити, що сучасні судна водного транспорту піддаються впливу динаміки кліматичних навантажень внаслідок роботи у різних часових поясах у невеликому часовому проміжку. Це передбачає експлуатацію як корпусів суден, так машин і механізмів під впливом динаміки критичних температур, що призводить до швидкого старіння устаткування. У першу чергу це стосується захисних антикорозійних покриттів, які піддаються впливу водночас динамічних, механічних і термічних навантажень. Тому дослідження і аналіз антикорозійних властивостей полімерних покриттів за різних умов експлуатації є актуальною задачею забезпечення надійності деталей і транспортних засобів в цілому.

За результатами проведених експериментальних досліджень підтверджено можливість підвищення ресурсу роботи устаткування річкового та морського транспорту за рахунок використання модифікатора і доведено, що при введенні фталіміду за незначного вмісту у епоксидний зв'язувач забезпечує формування композиту, який доцільно використовувати у вигляді матриці для захисних покриттів засобів водного транспорту.

Розроблено метод збільшення ресурсу експлуатації деталей транспортних машин, який ґрунтується на використанні технології введення за оптимального вмісту мікродисперсного наповнювача у

вигляді синтезованої високовольтним електророзрядом залізо-карбідної шихти при формуванні епоксидного захисного покриття з поліпшеними антикорозійними властивостями. Встановлено, що при введенні часток залізо-карбідної шихти у модифікований полімер формується матеріал, який забезпечує, порівняно з вихідною епоксидною матрицею, суттєве підвищення показників руйнівних напружень при згинанні і ударної в'язкості, при цьому модуль пружності при згинанні практично не змінюється.

Розроблено математичну модель оптимізації вмісту компонентів при формуванні захисних антикорозійних покриттів для засобів транспорту у результаті комплексного впливу модифікатора фталіміду, мікродисперсного наповнювача синтезованої залізо-карбідної шихти та фітинової кислоти. Результати експериментальних досліджень дозволяють стверджувати, що найменше набухання матеріалів у різних агресивних середовищах спостерігали для зразків композиту на основі епоксидної матриці за гомеопатичного вмісту добавок (модифікатор фталімід, мікродисперсні наповнювачі: залізо-карбідна шихта, фітинова кислота). Доведено, що найагресивнішим з усього спектру досліджуваних середовищ є річкова вода. Це зумовлено наявністю достатньої кількості забруднень механічного, хімічного і біологічного характеру, що у комплексі суттєво впливає на старіння та динаміку руйнування полімерних матеріалів. Додатково авторами монографії розроблено рекомендації щодо підвищення ефективності і ресурсу експлуатації суден річкового та морського транспорту.

Автори висловлюють подяку керівництву Херсонської державної морської академії за надану можливість виконувати експериментальні дослідження у межах установи, а також членам наукової школи «Матеріалознавство, експлуатація та ремонт засобів транспорту» за допомогу при виконанні низки експериментів.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

КМ	композитний матеріал
ПКМ	полімеркомпозитний матеріал
ПКП	полімеркомпозитне покриття
УЗО	ультразвукова обробка
ДТА	диференціально-термічний аналіз
ТГА	термогравіметричний аналіз
T	теплостійкість (за Мартенсом)
ΔV	усадка
ТКЛР, α	термічний коефіцієнт лінійного розширення
T_c	температура склування
T_n	початкова температура екзо ефекту
T_k	кінцева температура екзо ефекту
σ_a	адгезійна міцність при відриві
σ_3	залишкові напруження
E	модуль пружності при згинанні
σ_{32}	руйнівні напруження при згинанні
W	ударна в'язкість

Наукове видання

Букетов Андрій Вікторович
Сметанкін Сергій Олексійович
Чернявська Тетяна Василівна
Браїло Микола Володимирович
Сапронов Олександр Олександрович
Соценко Віталій Віталійович
Юренін Кирило Юрійович
Кулініч В'ячеслав Геннадійович
Якущенко Сергій Вікторович
Яцюк Віталій Миколайович

**МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ
УСТАТКУВАННЯ РІЧКОВОГО ТА МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ
ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ ЗАХИСНИХ
АНТИКОРОЗІЙНИХ ПОКРИТТІВ**

Монографія

Відповідальний за випуск *Р. С. Врублевський, А. В. Букетов*
Технічний редактор *В. В. Карпенко*
Друк, фальцювально-палітурні роботи *В. Г. Удов*

Формат 60x84/16.
Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 10,1
Підписано до друку 15.02.2021 року
Тираж 300 прим. Зам. № 66

Видавець і виготовлювач
Херсонська державна морська академія,
просп. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000
Тел.: 49-20-20
Ел. адреса: rvv@ksma.ks.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої
справи до Державного реєстру
К № 4319 від 10.05.2012