

УДК667.64:678.026

**О. В. ХОДАКОВСЬКИЙ, М. Ю. АМЕЛІН, С. О. СМЕТАНКІН, О. В. АКІМОВ, В. М. ЯЦЮК****ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРААМІНОАЗОБЕНЗОЛУ НА АДГЕЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНОЇ МАТРИЦІ ДЛЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ**

Показано, що одним з основних засобів регулювання структури та властивостей полімерних композитів є їх фізична модифікація. Доведено, що введення у зв'язувач пластифікаторів та наповнювачів дозволяє поліпшити властивості матеріалів. Акцентовано увагу, що важливе значення у покращенні властивостей композитів має введення модифікаторів за незначної кількості.

У роботі було досліджено вплив модифікатора парааміноазобензолу на адгезійні властивості епоксидної матриці. У результаті аналізу отриманих даних встановлено оптимальну концентрацію модифікатора, за якої забезпечують максимальні показники адгезійної міцності матриці при відриві від сталеві основи марки Ст 3.

Обґрунтовано, що модифікатор, взаємодіючи з епоксидним олігомером у процесі полімеризації зв'язувача, активує процеси взаємодії на межі поділу фаз «адгезив – субстрат». Це забезпечує отримання матеріалу не лише з поліпшеними показниками адгезійної міцності, але й з незначними залишковими напруженнями.

**Ключові слова:** матриця, епоксидний композит, модифікатор, адгезійні властивості, міцність, основа, залишкові напруження.

Показано, что одним из основных средств регулирования структуры и свойств полимерных композитов является их физическая модификация. Доказано, что введение в связующее пластификаторов и наполнителей позволяет улучшить свойства материалов. Акцентировано внимание, что важное значение в улучшении свойств композитов имеет введение модификаторов при незначительном количестве.

В работе было исследовано влияние модификатора парааминоазобензола на адгезионные свойства эпоксидной матрицы. В результате анализа полученных данных установлено оптимальную концентрацию модификатора, при которой обеспечивают максимальные показатели адгезионной прочности матрицы при отрыве от стальной основы марки Ст 3.

Обосновано, что модификатор, взаимодействуя с эпоксидным олигомером в процессе полимеризации связующего, активует процессы взаимодействия на границе раздела фаз «адгезив – субстрат». Это обеспечивает получение материала не только с улучшенными показателями адгезионной прочности, но и с незначительными остаточными напряжениями.

**Ключевые слова:** матрица, эпоксидный композит, модификатор, адгезионные свойства, прочность, основа, остаточные напряжения.

It is shown that one of the main means of regulating the structure and properties of polymer composites is their physical modification. It is proved that the introduction of binder plasticizers and fillers allows improving the properties of materials. Attention has been paid to the fact that the introduction of modifiers with an insignificant amount is of great importance in improving the properties of composites.

The effect of the paraaminoazobenzene modifier on the adhesion properties of the epoxy matrix was investigated. As a result of the analysis of the obtained data, the optimal concentration of the modifier is established, at which the maximum adhesion strength of the matrix is provided when it is separated from the St 3 steel base.

It is substantiated that the modifier, interacting with the epoxy oligomer during the polymerization of the binder, activates the interaction processes at the interface of the «adhesive – substrate» phases. This provides a material not only with improved adhesion strength, but also with low residual stresses.

**Keywords:** matrix, epoxy composite, modifier, adhesion properties, strength, base, residual stresses.

**Вступ.** Сучасні судна флоту мають велику автономність плавання, високі ходові і морехідні якості. Енергоздатність і насиченість суден численним і складним за своїм складом промисловим та технологічним обладнанням дозволяють успішно вирішувати завдання з видобутку та переробки морепродуктів, а також перевезення вантажів.

Виробнича діяльність промислових суден найчастіше відбувається у складних метеорологічних умовах, при необхідності швартування суден у відкритому морі. Тому тільки добре організоване технічне обслуговування та ремонт суден промислового флоту можуть забезпечити планову тривалість їх перебування в експлуатації і виконання планових завдань.

Технічне обслуговування та ремонт необхідно виконувати для підтримки працездатності та технічного стану суден на необхідному рівні впродовж усього терміну експлуатації при зношуванні його елементів. Технічне обслуговування входить в прямі обов'язки суднового екіпажу і виконується під час експлуатації судна.

Ремonti різних видів можуть виконуватися як з виведенням судна з експлуатації, так і поєднуватися з міжрейсовими стоянками та іншими видами планових простой судна. При цьому ремонт відрізняється від технічного обслуговування не тільки великим обсягом відновлювальних робіт, але й джерелами їх

фінансування. Ремonti можуть виконуватися судноремонтними підприємствами, береговими ремонтними бригадами, судовими ремонтними бригадами, базами технічного обслуговування і судовим екіпажем. Під ремонтом судна розуміється комплекс операцій з відновлення справного або працездатного стану судна на певний період. Метою ремонту суден є усунення дефектів матеріальної частини судна, що виникли в результаті природного зносу, порушень правил технічної експлуатації або недостатньої надійності і проектних недоробок при побудові судна.

Збільшення обсягів судноремонтного виробництва обумовлене наявністю в експлуатації різних типів як вітчизняних, так закордонних суден. У цих умовах скорочення тривалості заводських ремонтів і зниження їх вартості мають першорядне значення як фактори, які безпосередньо і суттєво впливають на ефективність і рентабельність експлуатації суден.

Великі можливості в інтенсифікації судноремонтного виробництва має подальше підвищення його організаційного рівня, що визначається ступенем використання принципів потокового виробництва, організацією комплексних ремонтних бригад, впровадження нових технологічних процесів. Завданням ремонтів суден є не тільки відновлення основних фондів – суден, а й підтримку їх справного технічного стану на належному рівні, забезпечення працездат

© О. В. Ходаковський, М. Ю. Амелін, С. О. Сметанкін,  
О. В. Акімов, В. М. Яцюк. 2016

ності і надійності обладнання і механізмів для підвищення показників ефективності технічної експлуатації суден. Останнє реалізується, наприклад, роботами з переобладнання, модернізації суден та їх пристроїв, впровадження в практику ремонту суден передових досягнень науки і техніки, які дозволяють збільшити довговічність і надійність механізмів при виробництві і ремонті.

Перспективним при капітальному чи поточному ремонті є застосування полімерних композитів. Це дозволяє суттєво поліпшити фізико-механічні, теплофізичні, антикорозійні та інші експлуатаційні характеристики комплексів та механізмів під впливом статичних і динамічних навантажень. Актуальним є використання полімерних композитних матеріалів (КМ) на основі епоксидних зв'язувачів, дисперсних і волокнистих наповнювачів. Такі матеріали відзначаються доброю технологічністю при нанесенні на деталі зі складним профілем поверхні та підвищеними експлуатаційними характеристиками при критичних умовах роботи. Розроблення нових матеріалів з поліпшеними властивостями не можливе без наукових досліджень їх експлуатаційних характеристик. На жаль, не достатньо уваги приділено дослідженню впливу міжфазових явищ при структуроутворенні композитів на їхні властивості, особливо при науково-обґрунтованому введенні добавок, у тому числі модифікаторів. Фізичні і хімічні процеси при формуванні матеріалів на межі поділу фаз охоплюють увесь комплекс реакцій взаємодії макромолекул олігомера з активними центрами добавки. Це зумовлює формування матеріалів з підвищеними експлуатаційними характеристиками, які регулюються технологічними режимами формування композитів.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Відомо [1–4], що серед існуючих полімерів відзначаються поліпшеними властивостями у комплексі матеріали на основі епоксидного зв'язувача. Епоксидний олігомер характеризується реакційноздатними епоксидними і гідроксильними групами, які можуть вступати у хімічні реакції з твердником, у результаті чого формується сіткова структура КМ. Для поліпшення властивостей матеріалів на основі епоксидної смоли у зв'язувач вводять модифікатори і наповнювачі різної фізичної природи та дисперсності [5–12]. Наявність даних інгредієнтів за критичного вмісту покращує не лише властивості матеріалів, але й збільшує їх економічність за рахунок збільшення міжремонтного періоду експлуатації. Перспективним у цьому плані є використання модифікатора парааміноазобензолу, який містить компоненти, що активно взаємодіють із епоксидними зв'язувачами. Застосування даного модифікатора дає можливість не лише змінити надмолекулярну структуру епоксидної матриці, але й поліпшити її механічні властивості [6, 7].

Мета роботи – встановити вплив модифікатора парааміноазобензолу на адгезійну міцність епоксидної матриці до металевої основи.

**Матеріали та методика дослідження.** Виходячи з наведеного вище, як основний компонент для зв'язувача при формуванні КМ вибрано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Структурна формула і модель епоксидного діанового

олігомеру ЕД-20 наведена на рис. 1. Як модифікатор використано парааміноазобензол (ПААБ). Модифікатор вводили у зв'язувач за вмісту від 0,10 до 2,00 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20 (тут і далі за текстом мас.ч. наводять на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20). Молекулярна маса парааміноазобензолу – 197. Температура плавлення – 400 К. Модифікатор розчинний у бензолі, етанолі, ацетоні, малорозчинний у воді. Використовується як азобарвник та синтон для одержання більш складних азобарвників. Структурну формулу модифікатора наведено на рис. 2.

Для зшивання епоксидних композицій використано твердник поліетиленполіамін ПЕПА (ТУ 6-05-241-202-78), що дозволяє затверджувати матеріали при кімнатних температурах. Відомо, що ПЕПА є низькомолекулярною речовиною, яка складається з таких взаємозв'язаних компонентів:  $[-CH_2-CH_2-NH-]_n$ . Структурну формулу і модель фрагменту твердника ПЕПА наведено на рис. 3. Різні стадії зшивання моделювали і досліджували при введенні твердника у композицію за вмісту 10 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20 з метою визначення оптимального для відповідних характеристик співвідношення компонентів у системі «зв'язувач – модифікатор». Характеристики епоксидного діанового олігомеру, модифікатора і твердника наведено у табл. 1.

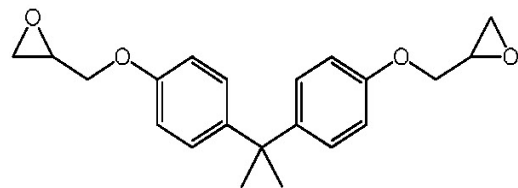


Рис. 1 – Структурна формула фрагменту епоксидного діанового олігомеру ЕД-20 [10]

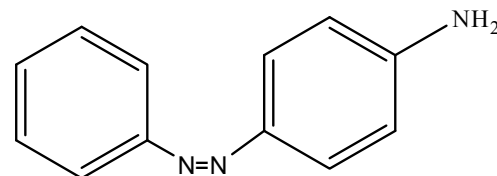


Рис. 2 – Загальний вигляд хімічних зв'язків модифікатора парааміноазобензолу

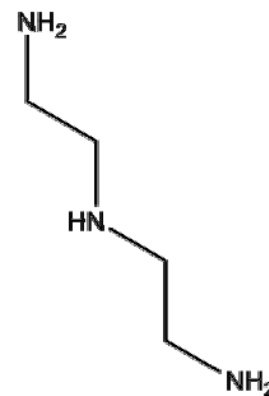


Рис. 3 – Структурна формула фрагменту твердника ПЕПА [10]

Таблиця 1 – Характеристики компонентів епоксидного зв'язувача

Характеристики	Епоксидний олігомер ЕД-20	Модифікатор ПААБ	Твердник ПЕПА
Молекулярна маса	390...430	197	230...250
Вміст епоксидних груп, %	20,0...22,5	–	–
Вміст гідроксильних груп, %	1,25	–	–
Середня функціональність за епоксидними групами, $f_n$	2,0	–	–
Вміст азоту, %	–	21,32	19,5...22,0
Вміст вуглецю, %	–	73,10	–
Вміст водню, %	–	5,58	–
В'язкість, $\eta$ , Па·с	13...20	–	0,9
Густина, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	1,16	–	1,05

Епоксидні композити формували за такою технологією: підігрівання смоли до температури  $T = 353 \pm 2$  К і витримка при даній температурі впродовж часу  $\tau = 20 \pm 0,1$  хв; гідродинамічне суміщення олігомеру і модифікатора впродовж часу  $\tau = 1 \pm 0,1$  хв; ультразвукова обробка (УЗО) композиції впродовж часу  $\tau = 1,5 \pm 0,1$  хв; охолодження композиції до кімнатної температури впродовж часу  $\tau = 60 \pm 5$  хв; введення твердника і перемішування композиції впродовж часу  $\tau = 5 \pm 0,1$  хв. Затверджували КМ за режимом: формування зразків та їх витримання впродовж часу  $\tau = 12,0 \pm 0,1$  год за температури  $T = 293 \pm 2$  К, нагрівання зі швидкістю  $v = 3$  К/хв до температури  $T = 393 \pm 2$  К, витримання впродовж часу  $\tau = 2,0 \pm 0,05$  год, повільне охолодження до температури  $T = 293 \pm 2$  К. З метою стабілізації структурних процесів у матриці зразки витримували впродовж часу  $\tau = 24$  год на повітрі за температури  $T = 293 \pm 2$  К з наступним проведенням експериментальних випробувань.

Адгезійну міцність матриці до металевої основи досліджували, вимірюючи руйнівні напруження («метод грибків») при рівномірному відриві пари склеєних зразків згідно ГОСТ 14760 - 69. Дослідження адгезійної міцності при зсуві проводили згідно ГОСТ 14759 - 69, аналогічно вимірюючи силу відривання клейових з'єднань зразків на автоматизованій розривній машині УМ-5 при швидкості навантаження  $v = 10$  м/с. Діаметр робочої частини зразків при відриві становив  $d = 25$  мм. Слід зазначити, що площа склеювання зразків, які досліджували при відриві та зсуві, була однаковою.

Залишкові напруження у матриці визначали консольним методом [8]. Покриття товщиною  $\delta = 0,3...0,8$  мм формували на металевій основі. Параметри основи: загальна довжина  $l = 100$  мм, робоча довжина  $l_0 = 80$  мм, товщина  $\delta = 0,3$  мм.

Відхилення значень при дослідженнях показників адгезійних властивостей і залишкових напружень у КМ становило 4...6 % від номінального.

**Результати дослідження та їх обговорення. Дослідження адгезійної міцності модифікованих матеріалів.** Експериментально встановлено, що адгезійна міцність при відриві епоксидної матриці від сталеві основи марки Ст 3 становить  $\sigma_a = 24,8$  МПа, при зсуві  $\tau = 8,5$  МПа, а залишкові напруження  $\sigma_3 = 1,4$  МПа. Показано (рис. 4), що введення у епоксидний зв'язувач модифікатора ПААБ приводить до поліпшення адгезійних властивостей матеріалів. Зокрема, введення у епоксидний олігомер модифікатора

за незначного вмісту ( $q = 0,10...0,25$  мас.ч.) приводить до підвищення показників адгезійної міцності при відриві КМ від сталеві основи від  $\sigma_a = 24,8$  МПа до  $\sigma_a = 28,4...32,0$  МПа. При подальшому збільшенні вмісту модифікатора ( $q = 0,50...0,75$  мас.ч.) спостерігали монотонне підвищення показників адгезійної міцності при відриві КМ до  $\sigma_a = 42,5...42,8$  МПа. Максимальне збільшення адгезійної міцності при відриві КМ ( $\sigma_a = 43,7$  МПа) спостерігали за вмісту модифікатора в матриці у кількості  $q = 1,00...1,50$  мас.ч. (рис. 4). Надалі збільшення вмісту модифікатора БД до  $q = 2,00$  мас.ч. призводить до суттєвого погіршення адгезійних властивостей КМ до сталеві основи. У цьому випадку адгезійна міцність матриці становить  $\sigma_a = 37,2$  МПа. Наведені вище результати дослідження дозволяють констатувати про позитивний вплив модифікатора, особливо за його незначних концентрацій, на перебіг процесів структуроутворення матриці, що, як наслідок, забезпечує поліпшення її адгезійних властивостей до сталеві основи.

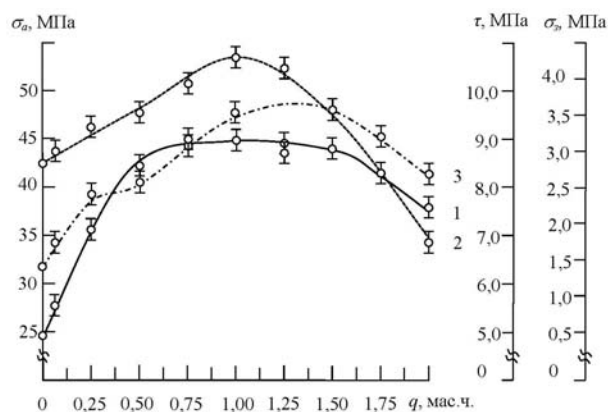


Рис. 4 – Залежність адгезійної міцності і залишкових напружень у КМ від вмісту модифікатора парааміноазобензолу: 1 – адгезійна міцність при відриві ( $\sigma_a$ ); 2 – адгезійна міцність при зсуві ( $\tau$ ); 3 – залишкові напруження ( $\sigma_3$ ). Матеріал основи – сталь марки Ст 3.

На кривій залежності адгезійної міцності при зсуві сталеві основи марки Ст 3 (рис. 4, крива 2) виявлена схожа тенденція. Зокрема, при введенні модифікатора ПААБ за вмісту  $q = 0,10...0,25$  мас.ч. спостерігали підвищення показників адгезійної міцності від  $\tau = 8,5$  МПа (для вихідної матриці) до  $\tau = 9,0...9,2$  МПа. Надалі при введенні модифікатора за вмісту  $q = 1,00$  мас.ч. спостерігали максимальне

підвищення показників адгезійної міцності при зсуві до  $\sigma_r = 10,4$  МПа. Слід підкреслити, що пік кривої залежності адгезійної міцності при зсуві від вмісту модифікатора співпадає з аналогічним максимумом кривої залежності показників адгезійної міцності при відриві від концентрації добавки. Враховуючи те, що отримані результати корелюють, можна стверджувати про достовірність даних експерименту. Як зазначено вище, виявлена динаміка адгезійних властивостей розроблених КМ характеризує явище взаємодії модифікатора з компонентами зв'язувача, що активує фізико-хімічні процеси структуроутворення КМ. Водночас доведено, що збільшення вмісту модифікатора до  $q = 1,50 \dots 2,00$  мас.ч. призводить до значного зменшення показників адгезійної міцності, що нівелює можливість його використання за такого вмісту у подальшому.

Не менш важливим є дослідження залишкових напружень у КМ. Встановлено, що значення залишкових напружень у матриці, обробленої ультразвуком, становить  $\sigma_3 = 1,4$  МПа. Показано (рис. 4, крива 3), що введення модифікатора ПААБ у кількості  $q = 0,10 \dots 0,25$  мас.ч. призводить до незначного збільшення залишкових напружень до  $\sigma_3 = 2,0 \dots 2,2$  МПа. При введенні модифікатора у кількості  $q = 0,50 \dots 1,50$  мас.ч. залишкові напруження значно зростають і становлять  $\sigma_3 = 2,4 \dots 3,2$  МПа, досягаючи максимуму на кривій залежності « $\sigma_3 - q$ ». Слід зазначити, що при цьому адгезійна міцність при відриві у цьому випадку також збільшується (рис. 4, крива 1). Подальше збільшення кількості модифікатора до  $q = 2,00$  мас.ч. призводить до суттєвого зменшення залишкових напружень до  $\sigma_3 = 2,6$  МПа.

Підсумовуючи наведене вище, можна констатувати, що динаміка залишкових напружень від вмісту модифікатора добре узгоджується з результатами експериментальних досліджень адгезійної міцності при відриві та зсуві. Водночас слід зауважити, що максимальні значення адгезійних властивостей у комплексі ( $\sigma_a = 43,7$  МПа,  $\tau = 10,4$  МПа) спостерігали для КМ із вмістом модифікатора у кількості  $q = 1,0$  мас.ч. При цьому такий матеріал характеризується незначними показниками залишкових напружень –  $\sigma_3 = 2,8$  МПа.

**Висновки** На основі проведених досліджень можна констатувати наступне. Встановлено оптимальний вміст модифікатора парааміноазобензолу в епоксидній матриці з поліпшеними адгезійними властивостями. Доведено, що для формування матриці з покращеними адгезійними властивостями до сталюї основи необхідно у епоксидний олігомер (100 мас.ч.) вводити модифікатор парааміноазобензол у кількості  $q = 1,0$  мас.ч. У цьому випадку формується матеріал, який відзначається наступними властивостями: адгезійна міцність при відриві –  $\sigma_a = 43,7$  МПа, адгезійна міцність при зсуві –  $\tau = 10,4$  МПа, залишкові напруження –  $\sigma_3 = 2,8$  МПа.

#### Список літератури:

1. Чернин, И.З. Эпоксидные полимеры и композиции [Текст] / И.З. Чернин, Ф.М. Сметов, Ю.В. Жердев. – М.: Химия, 1982. – 232 с.

2. Тхір, І.Г. Фізико-хімія полімерів [Текст]: навч. посібник / І.Г. Тхір, Т.В. Гуменецький. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2005. – 240 с.
3. Букетов, А. В. Исследование влияния 1,4-бис(N,N-диметилдитиокарбамато)бензена на механические свойства эпоксидной матрицы [Текст] / А. В. Букетов, А. А. Сапронов, В. М. Яцюк, Б. Д. Гришук, В. С. Барановский // Пластические массы. – 2014. – № 3-4. – С. 26–34.
4. Букетов, А. В. Исследование влияния модификатора 4,4'-метиленис(4,1-фенилен)бис(N,N-диэтилдитиокарбамата) на структуру и свойства эпоксидной матрицы [Текст] / А. В. Букетов, А. А. Сапронов, В. Н. Яцюк, В. О. Скирденко // Пластические массы. – 2014. – № 7-8. – С. 9–16.
5. Михайлин, Ю. А. Специальные полимерные композиционные материалы [Текст] / Ю. А. Михайлин. – Санкт-Петербург: Научные основы и технологии, 2009. – 660 с.
6. Богданова, Ю. Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов [Текст] / Ю. Г. Богданова. – М.: Научно-образовательный центр по нанотехнологиям, 2010. – 68 с.
7. Кербер, М. Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология [Текст]: учеб. пособие / М. Л. Кербер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
8. Корякина, М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий [Текст] / М. И. Корякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
9. Стухляк, П. Д. Эпоксидно-дианові композити: технологія формування, фізико-механічні і теплофізичні властивості [Текст] / П. Д. Стухляк, А. В. Букетов, О. І. Редько. – Тернопіль: Крок, 2011. – 165 с.
10. Букетов, А. В. Исследование физико-механических свойств композитных материалов на основе эпоксидиановой смолы, отвержденной полиэтиленполиамином, с добавлением пластификатора-антипирена трихлорэтилфосфата [Текст] / А. В. Букетов, А. В. Акимов, Д. А. Зинченко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 5. – С. 126–134.
11. Яновский, Ю. Г. Оценки эффекта усиления при наполнении эпоксидных связующих наноразмерными частицами различной природы (компьютерные прогнозы) [Текст] / Ю. Г. Яновский, Е. А. Никитина, С. М. Никитин, Ю. Н. Карнет // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2014. – Т. 20, № 1. – С. 34–57.
12. Яновский, Ю. Г. Композиты на основе полимерных матриц и углеродно-силикатных нанонаполнителей. Квантово-механическое исследование механических свойств, прогнозирование эффекта усиления [Текст] / Ю. Г. Яновский, Е. А. Никитина, С. М. Никитин, Ю. Н. Карнет // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2009. – Т. 15, № 4. – С. 66–89.

#### Bibliography (transliterated):

1. Chernin, I. Z., Smehov, F. M., Zherdev, Ju. V. (1982). Jepoksidnye polimery i kompozicii. Moscow: Himija, 232.
2. Tkhir, I., Humenetskyi, T. (2005). Fyzyko-khimiia polimeriv: navch. posibnyk. Lviv: Natsionalnyi universytet «Lvivska politekhnika», 240.
3. Buketov, A. V., Saproinov, A. A., Yatsiuk, V. M., Hryshchuk, B. D., Baranovskiy, V. S. (2014). Issledovanie vlijanija 1,4-bis(N,N-dimetilditiokarbamato)benzena na mehanicheskie svojstva epoksidnoj matricy. Plasticheskie massy, 3-4, 26–34.
4. Buketov, A., Saproinov, A., Yatsiuk, V., Skyrdenko, V. (2014). Issledovanie vlijanija modifikatora 4,4'-metilenbis(4,1-fenilen)bis(N,N-dijetiliditiokarbamata) na strukturu i svojstva jepoksidnoj matricy. Plasticheskie massy, 7-8, 9–16.
5. Mihajlin, Ju. A. (2009). Special'nye polimernye kompozicionnye materialy, Saint-Petersburg: Nauchnye osnovy i tehnologii, 660.
6. Bogdanova, Ju. G. (2010). Adgezija i ee rol' v obespechenii prochnosti polimernyh kompozitov. Moscow: Nauchno-obrazovatel'nyj centr po nanotehnologijam, 68.
7. Kerber, M. L., Vinogradov, V. M., Golovkin, G. S. (2008). Polimernye kompozicionnye materialy: struktura, svojstva, tehnologija. Saint-Petersburg: Professyia, 560.
8. Korjakina, M. I. (1988). Ispytanie lakokrasochnyh materialov i pokrytij. Moscow: Himija, 272.
9. Stukhliak, P. D., Buketov, A. V., Redko, O. I. (2011). Epoksydno-dianovi kompozity: tekhnolohiia formuvannia, fzyko-mekhanichni i teplofizychni vlastyvyosti, Ternopil: Krok, 165.

10. Buketov, A. V., Akymov, A. V., Zynchenko, D. A. (2015). Issledovanie fiziko-mehaničeskikh svojstv kompozitnyh materialov na osnove jepoksidianovoj smoly, otverzhdennoj polijetilenpoliaminom, s dobavleniem plastifikatora-antipirena trihlorjetilfosfata. VVisnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu. Tehnični nauki, 5, 126–134.
11. Janovskij, Ju. G., Nykytyna, E. A., Nykytyn, S. M., Karnet Yu. N. (2014). Ocenki jeffekta usilenija pri napolnenii jepoksidnyh svjazujushhijh nanorazmernymi chasticami razlichnoj prirody (komp'juternye prognozy). Mehanika kompozicionnyh materialov i konstrukcij, 20 (1), 34–57.
12. Janovskij, Ju. G., Nykytyna, E. A., Nykytyn, S. M., Karnet Yu. N. (2009). Kompozity na osnove polimernyh matric i uglerodno-silikatnyh nanonapolnitelej. Kvantovo-mehaničeskoe issledovanie mehaničeskikh svojstv, prognozirovanie jeffekta usilenija. Mehanika kompozicionnyh materialov i konstrukcij, 15 (4), 66–89.

Надійшла (received) 07.11.2016

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**Дослідження впливу парааміноазобензолу на адгезійні властивості епоксидної матриці для захисних покриттів засобів транспорту/ О. В. Ходаковський, М. Ю. Амелін, С. О. Сметанкін, О. В. Акімов, В. М. Яцюк// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 50(1222). – С.42–46. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.**

**Исследование влияния парааминоазобензола на адгезионные свойства эпоксидной матрицы для защитных покрытий средств транспорта/ А. В. Ходаковский, М. Ю. Амелин, С. А. Сметанкин, А. В. Акимов, В. Н. Яцюк// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 50(1222). – С.42–46. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.**

**Investigation of the effect of paraaminoazobenzene on the adhesion properties of epoxy matrix for protective coatings of vehicles/ A. Khodakovsky, M. Amelin, S. Smetankin, A. Akimov, V. Yatsyuk//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 50 (1222). – P.42–46. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.**

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Ходаковський Олексій Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент, Кафедра судноводіння та безпеки життєдіяльності на морі, Херсонська державна морська академія, пр. Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000.

**Амелін Максим Юрійович** – аспірант, Кафедра експлуатації судових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, пр. Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000.

**Сметанкін Сергій Олексійович** – аспірант, Кафедра транспортних технологій, Херсонська державна морська академія, пр. Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000.

**Акімов Олександр Вікторович** – Кандидат технічних наук, доцент, Кафедра транспортних технологій, Херсонська державна морська академія, пр. Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000.

**Яцюк Віталій Миколайович** – кандидат хімічних наук, Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, вул. С. Будного, 48, м. Тернопіль, 46027

**Ходаковський Олександр Володимирович** – Кандидат технічних наук, доцент, Кафедра судового водіння та безпеки життєдіяльності на морі, Херсонська державна морська академія, пр. Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000.

**Амелін Максим Юрьевич** – аспірант, Кафедра експлуатації судових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, пр. Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000.

**Сметанкин Сергей Алексеевич** – аспірант, Кафедра транспортних технологій, Херсонська державна морська академія, пр. Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000.

**Акимов Александр Викторович** – Кандидат технічних наук, доцент, Кафедра транспортних технологій, Херсонська державна морська академія, пр. Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000.

**Яцюк Виталий Николаевич** – Кандидат хімічних наук, Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, вул. С. Будного, 48, м. Тернопіль, 46027

**Khodakovsky Oleksii** – PhD, Associate Professor, Department of navigation and safety of life at sea, Kherson State Maritime Academy, Ushakova ave., 20, Kherson, Ukraine, 73000.

**Amelin Maksym** – graduate student, Department of operation of ship power plants, Kherson State Maritime Academy, Ushakova ave., 20, Kherson, Ukraine, 73000.

**Smetankin Serhii** – graduate student, Department of Transport Technologies, Kherson State Maritime Academy, Ushakova ave., 20, Kherson, Ukraine, 73000.

**Akimov Aleksandr** – PhD, Associate Professor, Department of Transport Technologies, Kherson State Maritime Academy, Ushakova ave., 20, Kherson, Ukraine, 73000.

**Yatsyuk Vitalii** – PhD, Ternopil Research Forensic Center of MIA of Ukraine, S. Budnoho str., 48, Ternopil, Ukraine, 46027.