

Данченко Ю. М., Обіженко Т. М., Уманська Т. І., Барабаш О. С.*Харківський національний університет будівництва та архітектури*(вул. Сумська, 40, Харків, 61002; e-mail: u_danchenko@ukr.net; <http://orcid.org/0000-0003-3865-2496>;<https://orcid.org/0000-0002-1409-7515>; <https://orcid.org/0000-0002-2582-8416>;<https://orcid.org/0000-0002-9871-0312>)

ЕПОКСИДНІ ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ У БУДІВНИЦТВІ, АРХІТЕКТУРІ І РЕСТАВРАЦІЇ: ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ (ОГЛЯД)

У статті наведений аналітичний огляд щодо проблем і перспектив використання полімерних композиційних матеріалів у архітектурно-будівельній галузі. Визначені основні форми участі полімерів у композиційних матеріалах для будівництва, архітектури і реставрації. Зазначені переваги і недоліки епоксидних матеріалів в порівнянні з іншими термореактивними полімерами. Означено, що серед усіх термореактивних полімерів, які використовуються у будівництві – поліефірних, фенол формальдегідних, кремнійорганічних, поліімідних, епоксидні відрізняються низкою значних переваг: малими токсичністю, водопоглинанням, усадкою при твердінні та коефіцієнтом теплопровідності, високими еластичністю, модулем пружності і міцності при розтягуванні, ударною в'язкістю, адгезійною здатністю до більшості поверхонь, мають можливість твердіння за низьких температур та ін. Встановлено, що у будівельно-архітектурній галузі епоксидні матеріали одночасно можуть забезпечувати високі фізико-механічні властивості, адгезію, захист від агресивних середовищ, високих температур, вогню, вібрації, атмосферної дії, мати спеціальні технологічні і експлуатаційні властивості. Висвітлені найбільш перспективні напрямки будівельної галузі та архітектури, в яких успішно використовуються матеріали на основі епоксидних смол. Акцентовано увагу на використанні епоксидних полімерних матеріалів при консерваційних і реставраційних роботах. Встановлено, що одним з актуальних напрямків є використання епоксидних полімерів у консервації і реставрації пам'яток архітектури, а також для виготовлення виробів дизайну.

Ключові слова: епоксидні полімерні матеріали, будівництво, архітектура, реставрація.

Вступ. У сучасній будівельній галузі, архітектурі і реставрації все більш широке використання отримують синтетичні на полімерній основі, в тому числі епоксидні композиційні матеріали [1-5]. Забезпечення надійності будівельних і архітектурних об'єктів в жорстких умовах експлуатації зумовлює використання багатофункціональних епоксидних полімерних композиційних матеріалів, які мають комплекс необхідних властивостей та здатні виконувати декілька функцій. Одночасно полімерні композиційні матеріали мають забезпечувати, наприклад, високі фізико-механічні властивості, адгезію, захист від агресивних середовищ, високих температур, вогню, вібрації, атмосферної дії, мати спеціальні технологічні і експлуатаційні властивості [6-11]. Однак, сучасна вітчизняна промисловість здебільшого пропонує матеріали з обмеженою функціональністю. Використання зарубіжних аналогів супроводжу-

ється великими витратами і часто не відповідає очікуваним вимогам. Перспективним напрямком створення нових багатофункціональних епоксидних полімерних будівельних і реставраційних матеріалів є розробка наповнених полімерних композитів, які здатні забезпечувати спеціальні властивості (вогнезахисні [12-14], стійкість до хімічно і біологічно агресивних середовищ [15-19], вібропоглинальні [20-24], здатні для використання на вологих поверхнях і під водою та ін.) та відповідати певним технологічним вимогам [19, 20, 23].

Мета та завдання. Метою дослідження є аналітичний огляд стану використання і впровадження епоксидних полімерних матеріалів у сучасних галузях будівництва, архітектури і реставрації та виявлення технологічних, експлуатаційних, екологічних і економічних проблем і перспектив щодо можливостей розвитку цього напрямку. Для досягнення мети дослі-

дження необхідно вирішити наступні задачі: надати класифікацію полімерних матеріалів, що використовуються у сучасних галузях будівництва, архітектури і реставрації; визначити переваги і недоліки епоксидних полімерних композиційних матеріалів; виявити основні перспективні напрямки впровадження епоксидних полімерних матеріалів у будівництві, архітектурі і реставрації.

Результати дослідження. Розвиток основ технології будівельного виробництва у теперішній час нерозривно пов'язаний з розробкою нових видів полімерних композитів, які дозволяють створювати нові матеріали різного функціонального призначення. У більшості випадків у будівництві, архітектурі і реставрації використовуються полімерні композиційні матеріали (ПКМ), які умовно поділяються на три групи: 1) ПКМ зміцнені або наповнені дисперсними частинками; 2) волокнисті матеріали, в яких неперервні та рублені волокна розподілені у неперервній полімерній матриці; 3) комбіновані ПКМ, у яких шари з різних матеріалів безпосередньо пов'язані між собою або просочені полімерним зв'язуючим [1].

Швидке впровадження у практику будівництва відносно дорогих і в ряді випадків дефіцитних ПКМ пояснюється наявністю цілого комплексу корисних властивостей:

- невелика густина при значній міцності;
- стійкість до різноманітних агресивних середовищ;
- низька теплопровідність;
- задовільні декоративні властивості;
- нескладність технологій використання і переробки;
- екологічність з можливістю переробки у вторинні матеріали;
- можливість повної механізації та автоматизації процесів виготовлення;
- хороша сумісність з традиційними будівельними матеріалами (бетоном, деревом, металом, каменем та ін.).

До недоліків ПКМ відносяться:

- горючість і невисока теплостійкість (робочі температури складають 100-150 °С, а для деяких розм'якшення починається з 60-80 °С);

- повзучість (при достатньо високій початковій міцності під дією тривалих навантажень можуть виявляти значні пластичні деформації);
- «старіння», тобто втрата експлуатаційних властивостей внаслідок дії навколишнього середовища (сонячного випромінювання, високих температур, кисню і вологи повітря).

За функціональним призначенням ПКМ можна розділити на два класи: полімерні ПКМ (вміст полімерів перевищує 20%) і ПКМ, що містять полімери (вміст полімерів менше 20%). На рис. 1 представлена схема участі полімерів у формуванні ПКМ у будівництві, архітектурі і реставрації.

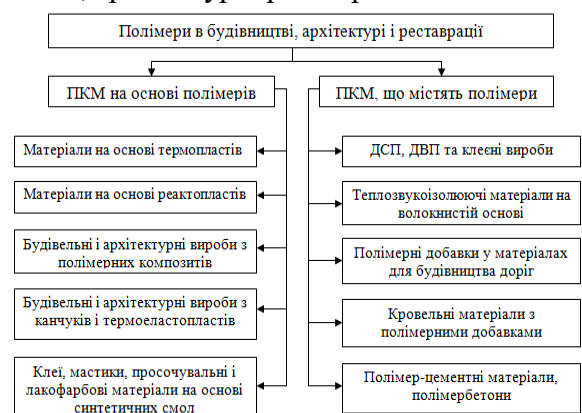


Рис. 1. Схема участі полімерів у формуванні ПКМ у будівництві, архітектурі і реставрації.

Аналіз сучасної літератури свідчить, що в цілому можливість використання полімерних матеріалів у архітектурно-будівельній галузі визначається вимогами до кінцевого продукту і умовами його експлуатації в реальних умовах. Так, ряд ПКМ мають значні міцнісні властивості (склопластики, композиційні суміші, шаруваті пластики та ін.), які можна використовувати при створенні конструкційних будівельних і архітектурних виробів. При застосуванні термоеластоластів і каучуків враховується еластичність, що є ефективним при розробці гідроізоляційних та герметизуючих систем. Ряд термопластів мають відмінні реологічні властивості, що дозволяє їх використовувати при виготовленні профільних і трубних, а також ливарних виробів. Здатність полімерів до спінення (поліконденсаційні смоли, деякі термопласти)

дозволяє отримувати тепло- і звукопоглинальні матеріали. При отриманні матеріалів для зовнішнього оздоблення обов'язковою умовою є довговічність використовуваних полімерів.

В цілому існує різноманіття функціональних властивостей полімерів та вибіркового підходу забезпечує отримання великої гами будівельних матеріалів і виробів з необхідним комплексом характеристик для конкретних типів будівельних процесів. Це робить полімери і композити на їх основі важливою фундаментальною базою для розробки нових будівельних матеріалів і виробів, які забезпечать удосконалення технологій будівельного виробництва як однієї з основних галузей економіки України.

Сьогодні у сучасній будівельній галузі та архітектурі широке використання знаходять різноманітні ПКМ (клеї, мастики, просочувальні, лакофарбові матеріали, залив очні компаунди та ін.) на основі полімерних синтетичних смол (зв'язуючих), дисперсних і волокнистих наповнювачів. Властивості таких матеріалів, які є гетерогенними системами та визначаються широким комплексом хімічних і фізико-хімічних процесів, що відбуваються на межі поділу фаз [25-27].

Таблиця 1 - Фізико-механічні властивості термореактивних полімерів, що використовуються у будівництві

Характеристика	Термореактивні полімери				
	ПЕ	ФФ	ЕП	КО	ПШ
Густина, г/см ³	1,1-1,5	1,2-1,4	1,2-1,4	1,2-1,4	1,2-1,5
Модуль пружності при розтягуванні, ГПа	1,5-4,5	1,4-6,8	1,9-5,0	1,5-3,7	3,2-5,5
Міцність при розтягуванні, МПа	24-69	23-78	27-140	7-34	90-95
Відносне подовження при розриві, %	0,5-0,6	0,4-0,3	1,2-10	0,3-1,5	1-4
Питома ударна в'язкість, кДж/м ²	2-10,7	2-11,3	2,9-24,5	2,3-5,4	4-12
Температурний коефіцієнт лінійного розширення, $\cdot 10^6, 1/K$	60-90	60-80	48-80	20-40	50-58
Усадка при твердінні, %	4-15	0,5-7	0,5-3,6	2,1-4,3	0,5-2
Водопоглинання за 24 ч, %	0,2-0,6	0,2-0,6	0,03-0,3	0,05-0,1	0,1-0,6
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	0,1-0,3	0,2-0,3	0,1-0,2	0,4-0,6	0,3-0,4
Діелектрична проникність при 10 ⁶ , Гц	4,1-4,5	3-5	3,2-4,5	2-4,2	3,4-3,8
Питомий об'ємний електричний опір, Ом·м	10 ¹³	10 ¹⁰	10 ¹⁴	10 ¹³	10 ¹⁵
Тангенс кута діелектричних втрат	0,024	0,035	0,03	0,025	0,005
Теплостійкість по Мартенсу, °С	60-80	140-180	140-150	250-280	250-370

Завдяки набору цінних властивостей, особливою привабливістю епоксидних матеріалів є багатофункціональність, тобто здатність виконувати одночасно декілька

Забезпечення надійності будівельних і архітектурних об'єктів в жорстких умовах експлуатації зумовлює використання багатофункціональних ПКМ на основі епоксидних смол, які мають комплекс цінних властивостей та здатні виконувати декілька необхідних функцій [28-29]. Одночасно епоксиполімерні ПКМ можуть забезпечувати, високі фізико-механічні властивості, адгезію, захист від агресивних середовищ, високих температур, вогню, вібрації, атмосферної дії, мати спеціальні технологічні і експлуатаційні властивості.

Серед усіх термореактивних полімерів, які використовуються у будівництві – поліефірних (ПЕ), фенол формальдегідних (ФФ), кремнійорганічних (КО), поліімідних (ПШ), епоксидні (ЕП) відрізняються низкою значних переваг: малими токсичністю, водопоглинанням, усадкою при твердінні та коефіцієнтом теплопровідності, високими еластичністю, модулем пружності і міцності при розтягуванні, ударною в'язкістю, адгезійною здатністю до більшості поверхонь, можливість твердіння за низьких температур та ін. (табл. 1) [1,28-30].

функцій (захисну, з'єднувальну, декоративну, ізолюючу та ін.) під час експлуатації [31, 32]. Ще однією перевагою епоксидних

матеріалів є практично необмежена можливість фізико-хімічної модифікації композицій з метою надання спеціальних властивостей, наприклад, вогнестійких, бактерицидних, хімістійких, вібропоглинальних, твердіючих за певних умов та ін. [12-27]. При цьому процес модифікації є нескладним і не потребує особливих вимог та додаткових енерговитрат.

Аналіз вітчизняних і зарубіжних літературних джерел дозволив визначити сім основних напрямків використання епоксидних полімерів будівельного і архітектурного призначення. У табл. 2 представлені найбільш перспективні напрямки будівельно-архітектурної галузі, в яких успішно використовуються ПКМ на основі епоксидних смол.

Таблиця 2 - Основні напрямки використання епоксиполімерних матеріалів у будівництві, архітектурі і реставрації

Напрямок	Джерело
Клеї, адгезиви, герметики для з'єднання різних матеріалів	[33-43]
Говстопліткові, тонкопліткові (лакофарбові) покриття, мастики для захисту традиційних будівельних матеріалів від різних видів корозії	[44-62]
Мастики, покриття, ін'єкційні склади для підсилення та відновлення несучої здатності елементів будівельних конструкцій та споруд	[63-73]
Добавки у полімер цементних композитах і розчинах будівельного призначення	[74-79]
Матеріали різного призначення для забезпечення спеціальних властивостей: вогнезахисних, бактерицидних, електропровідних, теплостійких, вібропоглинальних, стійких до радіації та ін.	[80-90]
Матеріали для реконструкції, реставрації і збереження об'єктів архітектурної спадщини	[91-98]
Склади і зв'язуючі для виготовлення склопластиків будівельного призначення	[99,100]

Композиційні матеріали на основі епоксидних смол мають широке використання в якості клеючих засобів для з'єднання елементів з різними поверхнями (бетону, каменю, деревини, металу, скла), захисних покриттів, що підвищують довговічність традиційних матеріалів, конструкційних елементів для відновлення та реставрації будівельних споруд і об'єктів транспортної інфраструктури, а також для створення самостійних елементів будівельних та архітектурних конструкцій (наливні підлоги, склопластикові вироби та ін.). Висока міцність, стійкість до впливу агресивних середовищ та екологічність дозволяють використовувати епоксидні матеріали для відновлення трубопроводів водопостачання і водовідведення. Достатня витривалість при впливі γ -випромінювання зумовлює застосування епоксидних полімерних покриттів для об'єктів інфраструктури в атомній енергетиці.

Актуальним напрямком є використання епоксидних полімерів у консервації і реставрації пам'яток архітектури, а також для виготовлення виробів дизайну. Специфіка реставраційних робіт тягне за собою необхідність ретельного вибору використовуваних при реставрації і реконструкції матеріалів, які можна розділити на чотири групи [101]. Перша група - це матеріали ідентичні або максимально близькі до тих, з яких архітектурний об'єкт був побудований спочатку. У цю групу входять природний камінь, цегла, кераміка, деревина, гіпс і ін. Друга група представлена сучасними матеріалами, що використовуються в разі потреби доповнення деталей архітектурних об'єктів, для яких окремо розробляється технологія. Матеріали з цієї групи або імітують справжній матеріал пам'ятників, або візуально відмінні від нього, що визначено проектом реставрації. До цієї групи належать як традиційні (бетон, кераміка, деревина та ін.), так і синтетичні полімерні композиційні матеріали. Третя група - це спеціальні матеріали для консервації різних частин пам'яток архітектури, за допомогою яких зміцнюється структура матеріалів пам'ятників, нейтралізуються біологічні і хі-

мічні впливи, а також формуються на поверхні матеріали і покриття захисної дії. Четверта група - це традиційні матеріали, які можуть застосовуватися при реставрації внутрішніх конструкцій, а також для фарбувань і покрівель.

Широке виробництво композиційних матеріалів на основі епоксидних полімерів створює передумови їх використання для ремонту і відновлення дерев'яних пам'яників архітектурної спадщини [102, 103]. Деревина, що застосовується в конструкціях дерев'яного домобудівництва, з часом підлягає несприятливим зовнішнім впливам. В умовах несприятливих температурно-вологісних режимів експлуатації відбувається біопшкодження органічної основи, утворення гнилі і деструкція деревини, що призводить до втрати експлуатаційної надійності елементів дерев'яних конструкцій в цілому. При використанні високоміцних епоксидних полімерних матеріалів з'являється можливість відновлення уражених ділянок несучих дерев'яних конструкцій. Епоксидні полімери дозволяють забезпечити достатню термо-, вогне- і морозостійкість підсиленних елементів з деревини, підвищують їх біостійкість. Прикладом є технологія відновлення імпрегніруванням полімерною композицією на основі епоксидної смоли дерев'яних конструкцій локально ослаблених деструкцією [102].

Епоксидні клеї і покриття застосовуються при ремонті підлог з натурального кам'яного матеріалу [104]. В процесі експлуатації внаслідок механічних навантажень поверхня підлогового кам'яного покриття піддається ушкодженням: подряпини, відколи, тріщини і вибоїни. Щоб не замінювати елементи древніх кам'яних покриттів, використовується маскування дефектів за допомогою мастичної суміші на основі епоксидного полімеру, що включає пігмент. Епоксидна мастика після твердіння забезпечує твердість і необхідну еластичність з'єднувального елемента.

Цегла - це один з найдавніших матеріалів, з якого будувались споруди сотні років та який і тепер залишається затребуваним на ринку будівельних матеріалів.

Для підвищення естетико-декоративних властивостей стародавньої лицьової цегли застосовуються різні способи і методи декорування. Наприклад, нанесення на цеглу епоксидного полімерного покриття, яке покращує не тільки зовнішній вигляд цегляної кладки, але і підвищує атмосферу і морозостійкість, покращує фізико-хімічні та електроізоляційні властивості, а також захищає від забруднень [105]. Цегла з декоративним епоксидним полімерним покриттям має ряд конкурентних переваг: широку гаму кольорів, різні ступені блиску, великий вибір фактур поверхонь для отримання декоративних ефектів. Додатковими перевагами є тепло- та гідроізоляційні властивості - полімерний шар надійно захищає поверхню цегли, допускаючи проникнення вологи в кладку тільки через бетонний шов, що значно зменшує ймовірність промерзання стін, а також забезпечує високу довговічність фасадів [106]. При реставрації або реконструкції цегла з полімерним покриттям з ефектом «деграде» має великий потенціал в створенні оригінальних облицювань фасадів та інтер'єрів [107].

Висновки. В результаті аналітичного огляду встановлені основні проблеми і перспективи впровадження полімерних композиційних матеріалів у архітектурно-будівельній галузі. Визначені основні форми участі полімерів у полімерних композиційних матеріалах для будівництва, архітектури і реставрації. Зазначені переваги епоксидних матеріалів в порівнянні з іншими термореактивними полімерами. Встановлені найбільш перспективні напрямки будівельно-архітектурної галузі, в яких успішно використовуються матеріали на основі епоксидних смол. Акцентовано увагу на використанні епоксидних полімерних матеріалів при консерваційних і реставраційних роботах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Шаповалов В.М. Технология полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и изделий. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 454 с.
2. Нелюбова В.В., Макущенко И.С., Бондаренко Д.О. Рыночные тенденции примене-

- ния полимеров в строительстве // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2017. – №1(8). – С. 93-95.
3. Hollaway L.C. Advanced polymer composites for structural applications in construction. Woodhead Publishingn Series. 2004. 784 p.
 4. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б., Кочевих М.О., Гасан Ю.Г., Константи́нівський Б.Я., Ракша В.О. Будівельне матеріалознавство. – К.: «Видавництво Ліра-К», 2015. – 624 с.
 5. Никитин М.К., Мельникова Е.П. Химия в реставрации. – Л.: Химия, 1990. – 304 с.
 6. Широкий Г.Т., Юхневский П.И., Бортни́цкая М.Г. Материаловедение в отделочных и реставрационно-восстановительных работах. – Минск: Выш. шк., 2010. – 351 с.
 7. Кочетков В.А., Воронкова В.В. Химия в строительстве. Полимеры, пластмассы, краски. – М.: МГСУ, 2015. – 186 с.
 8. Потапов Ю.Б. Эффективные строительные композиты и конструкции на их основе с комплексом заданных свойств // Пром. и гражданское строительство. – 2010. – № 9. – С. 9-11.
 9. Муртазина С.А. Области применения полимерных материалов в современном дизайне // Вестник Казанского технол. ун-та. – 2010. – №10. – С. 146-150.
 10. Алиева Дж.Э., Кийикбаева А.Б., Уманова Н.Д. Использование полимерных материалов в строительстве // Вестник КГУСТА. – 2013. – №3. – С. 245-252.
 11. Семенов В. В., Кравец А.И. Применение полимерных композиционных материалов в строительных конструкциях // Молодежный вестник ИРГТУ. – 2017. – №2(26). – С. 23.
 12. Андронов В.А., Данченко Ю.М., Саенко Н.В., Коссе А.Г., Плисюк Т.И. Оценка эффективности применения эпоксидных полимерных композиций для огнезащиты клееной древесины // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ. 2014, Вып.36. – С. 10-16.
 13. Андронов В.А., Данченко Ю.М., Бухман О.М. Подходы к определению сроков службы огнезащитных полимерных покрытий // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУЦЗУ, 2012.- Вып.31. – С. 10-18.
 14. Яковлева Р.А., Латорец Е.В., Семкив О.М., Попов Ю.В., Данченко Ю.М., Рачковский А.В. Восстановление сооружений городского хозяйства с использованием бактерицидных и огнестойких полимерных материалов // Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техника, 2002. – Вып.39. – С.84-87.
 15. Данченко Ю. М., Яковлева Р. А., Андронов В. А. Бактерицидні епоксидні олігомери-олігомерні композиції для будівництва // Наук. вісник буд-ва. – 2010. – Вип. 60. – С. 59-65.
 16. Осипчик В. С., Яковлева Р. А., Данченко Ю. М., Качоманова М. П., Быков Р. А., Посохова И. А. Исследование влияния поверхностных свойств бентонита на процессы отверждения эпоксисаминных композиций // Успехи в химии и химической технологии. – 2007. – Т.ХХІ, №6(74). – С. 40-43.
 17. Яковлева Р. А., Копейко А. Е., Данченко Ю. М., Журавлев Ю. В., Быков Р. А., Горбачев Е. В., Посохова И. А., Курман С. С. Восстановление кирпичной кладки полимерными материалами, отверждающимися при отрицательных температурах // Науковий вісник будівництва. – 2008. – Вип. 49. – С. 310-314.
 18. Яковлева Р. А., Качоманова М. П., Быков Р. А., Данченко Ю. М., Снагощенко Л. П., Лисицина А. И. Наполненные полимерные материалы для восстановления и реконструкции зданий и сооружений // Науковий вісник будівництва. – 2010. – Вип. 60. – С. 359-362.
 19. Андронов В. А., Данченко Ю. М. Технологии повышения экологической безопасности и долговечности сетей водоотведения // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 6/8(60). – С. 18-24.
 20. Данченко Ю.М., Скрипинец А.В., Кабусь А. В. Исследование технологических и физико-химических закономерностей изготовления вибропоглощающих изделий на основе эпоксиретановых полимерных композиций // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 3/11(75). – С. 4-8.
 21. Danchenko Yu. M., Popov Yu. V., Skripinets A. V. The dispersion filled vibration-absorbing epoxyurethane polymer compositions for vibration isolation systems // European Applied Sciences. – 2013. – Vol. 2, Issue 107. – P. 23-26.
 22. Андронов В. А., Данченко Ю. М., Скрипинец А. В., Бухман О. М. Полимерная композиция с комплексным наполнителем для виброзащиты пневматического ручного

- инструмента // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. тр. – 2015. – Вып. 83. – С. 12-22.
23. Іваній М. В., Скрипинець А. В., Данченко Ю. М., Журавльов Ю. В. Розробка автоматизованої системи виготовлення вібропоглинаючих епоксиретанових полімерних виробів // Науковий вісник будівництва. – 2014. - № 4(78). – С. 204-207.
24. Andronov V. A., Danchenko Yu. M., Skripinets A. V., Bukhman, O. M. Efficiency of utilization of vibration-absorbing polymer coating for reducing local vibration // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 2014. - 6(138). – p.85-91.
25. Пахаренко В.А., Яковлева Р.А., Пахаренко А.В. Переработка полимерных композиционных материалов. – К.: Издательская компания «Воля», 2006. – 552 с.
26. Зайцев Ю.С., Кочергин Ю.С., Пактер М.К., Кучер Р.В. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции. - К.: Наукова думка, 1990. – 200 с.
27. Соколова Ю.А., Готлиб Е.М. Модифицированные эпоксидные клеи и покрытия в строительстве. – М.: Стройиздат, 1990. – 174 с.
28. Мартинюк М.І., Сіренко Г.О. Бойко Л.Я. Епоксидні смоли і композиційні матеріали на їх основі (огляд) // Вісник Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника. Серія Хімія. Вип. XVIII. – 2014. – С. 115-132.
29. Худяков В.А. Модифицированные эпоксикомпозиты специального назначения, стойкие к воздействию экстремальных природных и техногенных факторов. –П: ПГУАС, 2006.–102 с.
30. Хорохордин А.М., Хорохордина А.Е., Рудаков О.Б. Эпоксидные композиции в строительстве (обзор) // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – Вып. 1(14). – С. 7-18.
31. Строганов В.Ф., Строганов И.В. Эпоксидные полимерные композиции для строительных технологий // Строительные материалы. – 2005. - №11, С. 20-21.
32. Ковалева Е. Г., Радоуцкий В.Ю. Эпоксидные полимеры в строительстве: проблемы и перспективы // Вестн. Белгород. госуд. техн. ун-та им. В.Г. Шухова. – 2011. - №2. – С. 39-42.
33. Строганов В.Ф. Проблемы адгезионной прочности эпоксидных полимер-полимерных модифицированных клеев и компаундов при реализации высокотехнологичных строительных технологий // Полимеры в строительстве: научный Интернет-журнал. – 2014. - №1(1). – С. 108-123.
34. Строганов В.Ф., Строганов И.В. Эпоксидные адгезивы для соединения полимерных и разнородных материалов // Известия КГАСУ. – 2013. - №3(25). – С. 92-97.
35. Пат. 6790881 США, МПК7 C08K 7/16, C08K 5/34. Adhesive composition. Fujitsu Ltd, Date Hiroaki, Yadi Tomohisa, Sasaki Makoto, Tokuhira Hideshi. № 10/254538; Заявл. 26.09.2002, Опубл. 14.09.2004; НПК 523/205. Англ.
36. Бобылев В.А. Специальные эпоксидные смолы для клеев и герметиков // Клеи. Герметики. Технологии. – 2005. - №5. – С. 8-11.
37. Хакимуллин Ю.Н., Куркин А.И., Лиакумович А.Г. и др. Свойства герметиков на основе сополимерного с эпоксидной смолой тиокола // Каучук и резина. – 2001. - №4. – С. 22-24.
38. Хакимуллин Ю.Н., Палютин Ф.М., Хозин В.Г. Отверждающиеся герметики на основе олигомеров в строительстве // Строительные материалы. – 2005. - №10. – С. 69-74.
39. Куксін А.М. Клейові композиції на основі епоксиполіуретанових сумішей. Можливість створення екологічно чистих технологій отримання продукції // Хімічна промисловість України. – 2003. - №5. – С. 30-33.
40. Бобылев В.А., Еселев А.Д. Современное состояние работ в области эпоксидных смол и отвердителей для клеев: производство и качество выпускаемой продукции // Клеи. Герметики. Технологии. – 2010. - №8. – С. 17-20.
41. Еселев А.Д., Стокозенко В.Н. Перспективные направления использования клеев на основе эпоксидных смол за рубежом // Клеи. Герметики. Технолог. – 2008. - №11. – С. 6-10.
42. Dillard D.A. Advances in structural adhesive bonding. – Woodhead Publishing, 2010. – 656 p.
43. Шинкарева Е.В., Статкевич П.И., Кошевар В.Д., Леонович С.Н. Клеевые нанокomпозиционные материалы на основе эпоксидных олигомеров // «Вісник Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Сер. 6. Тэхніка». – 2013. – Вип. 2(154). – С.64-65.
44. Хозин В.Г., Зыкова Е.С., Фахрутдинова В.Х., Гиздатуллин А.Р. Влияние щелочной среды бетона на эпоксидные связующие и

- полимеркомпозитную арматуру // Строительные материалы. – 2015. – №1. – С. 41-47.
45. Abaubakr S.H., Kondil U.F., Reda Taha M. Creep of epoxy-clay nanocomposite adhesive at the FRP interface: a multi-scale investigation // International Journal of Adhesion and Adhesives, No.54, (2014), pp. 1-12.
 46. During John D. Comparisons of epoxy technology for protective coating and linings in wastewater facilities // Journal of Protective Coating and Linings, Vol.1, No.5, (2000), pp. 49-54.
 47. Винокурцев Г.Г., Первунин В.В., Крупин В.А., Винокурцев А.Г. Защита от коррозии подземных трубопроводов и сооружений: учеб. пособие. – Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2003. – 124 с.
 48. Каримов Н.К., Ганиев И.Н., Олимов Н.С. Исследование влияния основных факторов на физико-химические свойства композиционных эпоксидных материалов, применяемых в качестве антифрикционных и антикоррозионных покрытий // Докл. Академии наук Республики Таджикистан. – 2008. – Т.51, №9. – С. 685-690.
 49. Афанасьев А.В. Анализ материалов для защитных покрытий железобетонных и металлических конструкций искусственных сооружений железных дорог // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2013. – Вип.136. – С. 208-212.
 50. Маркович Р.А., Кан М.К., Михайлов С.В. Коррозия и методы защиты зоны переменного смачивания металлоконструкций гидротехнических сооружений эстакадного типа // Гидротехника. – 2014. – №4(37). – С.28-35.
 51. Самсонова А.И., Тимакова Е.Г., Цибина Г.А. Защита от коррозии арматуры с помощью лакокрасочных материалов // Арматуростроение. – 2005. – №1(33). – С. 50-52.
 52. Харисов Р.А., Хабирова А.Р., Мустафин Ф.М., Хабиров Р.А. Современное состояние защиты трубопроводов от коррозии полимерными покрытиями // Нефтегазовое дело. – 2005. – №4. – С. 1-26.
 53. Папков М.А., Хейфец Ю.Б. Внешняя антикоррозионная защита трубопроводов. Двухслойные порошковые эпоксидные системы: опыт применения и развитие // Коррозия «Территории НЕФТЕГАЗ». – 2015. – №2. – С. 50-51.
 54. Shambhu Sharan Kumar. Application of nano pigment particles for the development in corrosion and scratch resistance of epoxy-zeolite coatings // International Journal of Engineering and Applied Science (IJEAS). – 2015. – V.2. – Is.11. – P.103-109.
 55. Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А. Климатическая стойкость полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных связующих // Региональная архитектура и строительство. – 2015. – №1. – С. 34-42.
 56. Гарипов Р.М., Ефремова А.А., Хузаханов Р.М. Разработка антикоррозионных материалов для защиты воздухопроводов и вентиляторов // Вестник технол. ун-та. – 2010. – №9. – С. 262-267.
 57. Пат. 64391 Україна, МПК7, C08L 63/00. Полімерна композиція для захисних покриттів / О.В. Суберляк, Т.В. Гуменецький, О.І. Лавренюк, Л.М. Білий. Заявл. 26.05.2003, опубл. 16.02.2004.
 58. Пат. 34395 Україна, МПК6, C08L 63/00. Полімерна композиція для струмопровідного антикорозійного покриття / Б.М. Мавришин, М.П. Волошин, В.К. Піддубний, В.М. Василюк, В.П. Васьківський. Заявл. 27.12.1999, опубл. 15.02.2001.
 59. Пат. 52468 Україна, МПК6, C09D 163/00. Корозійностійке покриття та спосіб його отримання / А.В. Букетов, П.Д. Стухляк, А.Г. Микитишин, М.М. Митник. Заявл. 11.06.2002, опубл. 16.12.2002.
 60. Кондратюк В.Л. Розробка композитних матеріалів на основі епоксидної смоли і диборидів титану та хрому для захисту деталей машин від корозії, гідро абразивного і кавітаційного руйнування. Дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук 05.02.01. – Львів, НАН України, Фізико-мех. ун-т ім. В.Г. Карпенка, 1997. – 210 с.
 61. Сиза О.І. Розробка наукових принципів створення інгібуючих синергічних композицій та модифікованих ними епоксидних покриттів для захисту сталей від корозії. Дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук 05.17.14. – Київ, Чернігів. держав. технол. ун-т, 2001. – 405 с.
 62. Букетов А.В. Закономірності впливу обробки енергетичними полями зв'язуючого і наповнювачів на властивості епоксикомпозитних матеріалів для захисних покриттів. Дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук 05.17.06. – Київ, НАН України, Інститут надтвердих матеріалів ім. В.Н. Бакуля, 2007. – 432 с.
 63. Комаров Г.В., Петренко Я.Ю., Степанова Н.И. Упрочнение бетонных конструкций

- полимерными композиционными материалами // Новые материалы и технологии НМТ-2002: тезисы докл. Всерос. науч.-техн. конф. – Т.1. – М.: Изд-во «МАТИ». – 2002. – С. 100-101.
64. Бобылев В.А. Эпоксидные материалы для бестраншейного ремонта трубопроводов // Лакокрасочная промышленность. – 2011. - №5. – С. 8-12.
65. Nadir A., Alperen K., Turker G. Potential use of decayed wood in production of wood plastic composite // Industrial Crops and Products, No.15, (2015), pp.279-284.
66. Rahul K., Kausik K. Study of mechanical properties of wood dust reinforced epoxy composite // Procedia Material Science, No.6, (2014), pp.551-556.
67. Рощина С.И., Лукин М.В., Лисятников М.С. Восстановление деревянной балки импрегнированием полимерной композицией на основе эпоксидной смолы // Лесотехнический журнал. – 2015. - №3. – С. 183-190.
68. Куликов Ю.Н. Требования к полимерной футеровке бетонных обделок канализационных тоннелей // Горные науки и технологии. – 2014. - №3. – С. 176-181.
69. Селяев В.П., Низина Т.А., Цыганов В.В. Разработка и применение функционально-градиентных покрытий для усиления и защиты железобетонных конструкций // Вестник ТГАСУ. – 2008. - №3. – С. 143-149.
70. Попельнюк И.В., Огрель Л.Ю., Шевцова Р.Г. К вопросу разработки композитов на основе эпоксидных полимеров для ремонта трубопроводов бестраншейным методом // Десятые академические чтения РААСН. – 2006. – С. 339-340.
71. Бабич Є.М., Довбенко В.С. Підвищення міцності залізобетонних балок полімерною композицією // Збірник наукових праць (галузь машинобудування, будівництво). – 2013. – Т.1, Вип.4(39). – С. 11-19.
72. Бабич Є.М., Довбенко В.С. Блок-схеми розрахунку залізобетонних балок підсилених полімерною композицією // Збірник наукових праць (галузь машинобудування, будівництво). – 2014. – Т.2, Вип.3(42). – С. 11-19.
73. Краснюк А.В., Корейко А.Л., Харченко Е.С. Исследование и разработка полимерных составов на основе эпоксидных смол для ремонта и защиты бетонных и железобетонных сооружений // Вісник Дніпропетр. націон. ун-ту залізн. транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2005. – Вип.9. – С. 206-207.
74. Краснюк А.В., Корейко А.Л., Харченко Е.С. Дослідження карбамідних та епоксидних полімеррозчинів для ремонту конструкцій транспортних споруд // Вісник Дніпропетр. націон. ун-ту залізн. транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2006. – Вип.10. – С. 103-105.
75. Воронков А.Г. Эпоксидные полимеррастворы для ремонта и защиты строительных изделий и конструкций: учеб. пособ. – Тамбов: Изд-во Тамбов. гос. техн. ун-та, 2006. – 92 с.
76. Хозин В.Г., Абдулхакова А.А., Старовойтова И.А., Зыкова Е.С. Цементные композиции, модифицированные водной эмульсией эпоксидного олигомера // Строительные материалы. – 2017. - №5. – С. 73-77.
77. Шутлов А.А., Макаева А.А. Цементнополимерные композиции в строительстве // Композиционные строительные материалы. Теория и практика. Сб. статей Международ. науч.-техн. конф. – Пенза, 2017. – С. 93-96.
78. Довгань О.Д. Епоксидні полімерні розчини, модифіковані фурфуролом та цеолітом. Дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук 05.23.05. – Одеса, Одеська держ. акад. будівн. та архітект., 2015. – 238 с.
79. Кузьмина С.В., Прудков Е.Н. Оптимизация составов и исследование свойств эпоксидных композитов, модифицированных наноматериалами // Научный вестник ВГАСУ. – 2011. – Вып.2(22). – С. 52-57.
80. Queiroz D.P.R., Fraisse F., Fayolle B., Kuntz M., Verdu J. Radiochemical ageing of epoxy coating for nuclear plants // Radiation Physics Chemistry, Vol.79, No.3, (2010), pp.362-364.
81. Савчук П.П. Наукові і технологічні основи створення та керованого функціонування епоксидних композитів з різним ступенем наповнення. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук 05.02.01. – Київ, НАН України, Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, 2010. – 40 с.
82. Золотарьова В.В. Композиційні матеріали з підвищеною зносостійкістю на основі епоксидно-каучукових мастик, структурованих нанопорошками. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук 05.23.05. – Макіївка, Донбаська націон. акад. будівн. та архітект., 2013. – 20 с.
83. Стухляк П.Д., Букетов А.В., Редько О.І. Епоксидно-діанові композити: технологія

- формування, фізико-механічні і теплофізичні властивості. – Тернопіль: Крок, 2011. – 165 с.
84. Букетов А.В. Епоксидні наноккомпозити. – Херсон: ХДМА, 2015. – 184 с.
 85. Мартинюк Г.В. Наповнені епоксидні компаунди: фізико-хімічні властивості. – Рівне: О. Зень, 2016. – 131 с.
 86. Букетов А.В. Епоксидні композити трибологічного призначення.–Х: ХДМА, 2017.– 199 с.
 87. Ушков В.А., Копытин А.В., Селезнев В.А., Смирнов В.А. Эффективность броморганических антипиренов в эпоксидных композиционных материалах // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т.26, №7. – С. 5-13.
 88. Мищак В.Д., Семиног В.В., Гомза Ю.П., Нещин С.Д., Клепко В.В. Епоксидні композити. Структура та властивості // Полімерний журнал. – 2008. – Т.80, №2. – С. 144-151.
 89. Віленський В.О., Демченко В.Л. Вплив природи дисперсних наповнювачів на структуру, теплофізичні властивості та електропровідність композитів на основі епоксидної смоли // Полімерний журнал. – 2008. – Т.30, №2. – С. 131-138.
 90. Шатунов С.Б., Шашевский Е.В. Полимерные материалы, используемые в строительстве, и их пожарная опасность // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2006. - №2(20). – С. 26-38.
 91. Glazkov S.S. Stabilizing parquet blocks with epoxy resin // Magazine of Civil Engineering. – 2015. - No.7. – P. 57-65.
 92. Крамаренко А.В., Прокофьева Ю.А. Некоторые аспекты ремонтно-восстановительных мероприятий при работе с натуральным каменным материалом // «Наука и образование: новое время». – 2017. - №2. - 4 с. Режим доступа: <https://www.articulus-info.ru>
 93. Харченко К.С. Модифіковані полімерні композиції на основі епоксидних смол для відновлення поверхні архітектурних елементів будівель та споруд. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук 05.23.05. – Дніпропетровськ, Придніпровська держ. акад. буд-ва та арх., 2008. – 20с.
 94. Cardiano P., Sergi S., Lazzari M., Piraino P. Epoxy-silica polymers as restoration materials // Polymer, Vol.43, No.25, (2002), pp.6635-6640.
 95. Cardiano P., Mineo P., Sergi S., Ponterio R.C., Triscari M., Piraino P. Epoxy-silica polymers as restoration materials. Part II // Polymer, Vol.44, No.16, (2003), pp.4435-4441.
 96. Cardiano P. Epoxy-silica hybrids as stone restoration materials // Annali di Chimica, Vol.93, No.11, (2003), pp.947-958.
 97. Cardiano P., Ponterio R.C., Sergi S., Lo Schiavo S., Piraino P. Epoxy-silica hybrids as stone conservation materials // Polymer, Vol.46, No.6, (2005), pp.1857-1864.
 98. Karayannidou E.G., Achilias D.S., Sideridou I.D. Cure kinetics of epoxy-amine resins used in the restoration of works of art from glass or ceramic // European Polymer Journal, Vol.42, No.12, (2006), pp.3311-3323.
 99. Огрель Л.Ю. Модифицированное эпоксидное связующее с повышенной термостойкостью для конструкционных стеклопластиков // Десятые академические чтения РААСН. – 2006. – С.321-323.
 100. Осипчик В.С., Костромина Н.В., Олихова Ю.В., Ивашкина В.Н., Кладовщикова О.И., Буй Д.М. Разработка связующих на основе эпоксиуретановых олигомеров для производства армированных пластиков // Вестн. Казан. технол. ун-та. – 2015. – Т.18, №1. – С. 123-127.
 101. Серикова Л. С., Пищулина В. В. Классификация строительных материалов используемых при реставрации памятников архитектуры // Научный альманах.- 2018.- №1-2. – С. 39-42.
 102. Рощина С. И., Лукин М. В., Лукина А. В., Лисятников М. С. Восстановление деревянной балки импрегнированием полимерной композицией на основе эпоксидной смолы // Лесотехнический журнал. – 2015. – №3. – С.183-190.
 103. Nadir A. Potential use of decayed wood in production of wood plastic composite // Industrial Crops and Products. – 2015. – №15. – p. 192-195.
 104. Крамаренко А. В., Прокофьева Ю. А. Некоторые аспекты ремонтно-восстановительных мероприятий при работе с натуральным каменным материалом // Наука и образование: новое время. – 2017. – №2. – Режим доступа: www.articulus-info.ru
 105. Патент на полезную модель № 98173 РФ. МПК В44С 1/00. Технологическая линия для нанесения полимерного покрытия керамического кирпича / Ананина М. Ю., Лапунова К. А., Котляр В. Д. – Опубл. 10.10.2010; Бюл. № 28.
 106. Лобов О. И., Ананьев А. И., Ананьев А. А. Энергоэффективность, долговечность и безопасность наружных стен и зданий из

керамических материалов // Строительные материалы. – 2010. – №4. – С. 10-14.

107. Котляр В. Д., Новиков А. С., Терёхина Ю. В. Технология и дизайн керамического кирпича с декоративным полимерным покрытием с эффектом «деграде» // Инженерный вестник Дона. – 2013. – №4. – С. 208-212.

Данченко Ю. М., Обиженко Т. Н., Уманская Т. И., Барабаш Е. С. ЭПОКСИДНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, АРХИТЕКТУРЕ И РЕСТАВРАЦИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ (ОБЗОР). В статье приведен аналитический обзор по проблемам и перспективам использования полимерных композиционных материалов в архитектурно-строительной отрасли. Определены основные формы участия полимеров в композиционных материалах для строительства, архитектуры и реставрации. Обозначены преимущества и недостатки эпоксидных материалов по сравнению с другими термореактивными полимерами. Отмечено, что среди всех термореактивных полимеров, используемых в строительстве - полиэфирных, фенолформальдегидных, кремнийорганических, полиимидных, эпоксидные отличаются рядом значительных преимуществ: малой токсичностью, водопоглощением, усадкой при отверждении и коэффициентом теплопроводности, высокими эластичностью, модулем упругости и прочностью при растяжении, ударной вязкостью, адгезионной способностью к большинству поверхностей, имеют возможность отверждения при низких температурах и др. Установлено, что в строительной-архитектурной отрасли эпоксидные материалы одновременно могут обеспечивать высокие физико-механические свойства, адгезию, защиту от агрессивных сред, высоких температур, огня, вибрации, атмосферного воздействия, обладать специальными технологическими и эксплуатационными свойствами. Освещены наиболее перспективные направления строительной отрасли и архитектуры, в которых успешно используются материалы на основе эпоксидных смол. Акцентировано внимание на использовании эпоксидных полимерных материалов при консервационных

и реставрационных работах. Установлено, что одним из актуальных направлений является использование эпоксидных полимеров в консервации и реставрации памятников архитектуры, а также для изготовления изделий дизайна.

Ключевые слова: эпоксидные полимерные материалы, строительство, архитектура, реставрация.

Danchenko Yu. M., Obizhenko T. M., Umanska T. I., Barabash E. S. EPOXY POLYMER MATERIALS IN CONSTRUCTION, ARCHITECTURE AND RESTORATION: PROBLEMS AND PROSPECTS (OVERVIEW). The article provides an analytical review of the problems and prospects of the use of polymer composite materials in the architectural and construction industry. The main forms of participation of polymers in composite materials for construction, architecture and restoration are determined. The advantages and disadvantages of epoxy materials in comparison with other thermosetting polymers are indicated. It is noted that among all thermosetting polymers used in construction - polyester, phenol-formaldehyde, silicone, polyimide, epoxy, they have several significant advantages: low toxicity, water absorption, shrinkage during curing and thermal conductivity, high elasticity, elastic modulus and tensile strength, impact strength, adhesion to most surfaces, have the possibility of curing at low temperatures, etc. It has been established that in the architectural industry, epoxy materials can simultaneously provide high physic-mechanical properties, adhesion, protection against aggressive media, high temperatures, fire, vibration, atmospheric exposure, and have special technological and operational properties. The most promising areas of the construction industry and architecture, in which materials based on epoxy resins are successfully used, are covered. Attention is focused on the use of epoxy polymeric materials for conservation and restoration work. It has been established that one of the current areas is the use of epoxy polymers in the conservation and restoration of architectural monuments, as well as for the manufacture of design products.

Keywords: epoxy polymer materials, construction, architecture, restoration.