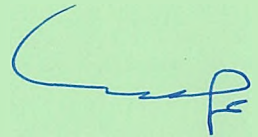


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

МУНА АБДАЛХЕМ



УДК 691.588

**ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ З'ЄДНАННЯ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ
З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗРОБЛЕНИХ ЕПОКСИПОЛІМЕРІВ
В УМОВАХ ЛІВІЇ**

05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.
Робота виконана у Харківському національному університеті міського господарства ім. О.М. Бекетова Міністерства освіти та науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук,
Токарев Михайло Миколайович,
Харківський національний університет
будівництва та архітектури, доцент
кафедри інженерної геодезії.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Трикоз Людмила Вікторівна,
Український державний університет
залізничного транспорту, професор
кафедри будівельних матеріалів,
конструкцій та споруд;

кандидат технічних наук, доцент
Маляр Володимир Володимирович,
Харківський національний
автомобільно-дорожній університет,
доцент кафедри технології дорожньо-
будівельних матеріалів і хімії.

Захист відбудеться «28» грудня 2019 р. о 13.00 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.056.04 Харківського національного університету будівництва та архітектури за адресою: 61002, м. Харків, вул. Сумська, 40.

Із дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету будівництва та архітектури за адресою: м. Харків, вул. Сумська, 40 та на сайті університету <http://www.kstuca.kharkov.ua>

Автореферат розісланий «26» листопада 2019 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради, к. т. н., доцент



О. В. Доброходова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В даний час основним завданням будівництва для відновлення будівельних об'єктів і конструкцій, зруйнованих в результаті військових дій в окремих регіонах як України, так і Лівії, є розробка і впровадження нових будівельних матеріалів здатних поліпшити роботи по реконструкції та захисту.

На експлуатаційні характеристики будівельних об'єктів Лівії впливають такі основні фактори: значні коливання середньодобової температури, вплив агресивного морського середовища в прибережній зоні, часті пилові бурі, високий рівень кислотності ґрунту та інше. Отже, матеріали, що використовуються при проведенні відновлювальних робіт, повинні характеризуватися: високою адгезійною міцністю, деформаційною здатністю і високою хімічною стійкістю в широкому температурному інтервалі експлуатації. Такими матеріалами можуть виступити полімерні композиції, використання яких дасть можливість ефективно відновити інфраструктуру країни, застосовуючи неруйнівні методи реконструкції.

Країна багата нафтовими родовищами і виробництво полімерних матеріалів з даного виду сировини представляється ефективним і економічно обґрунтованим. Використання полімерних композиційних матеріалів дозволяє значно знизити навантаження на елементи відновлюваних конструкцій, збільшити їх міцність, водостійкість, хімічну стійкість, оптимізувати трудомісткість і матеріаломісткість процесу.

Серед розмаїття вибору для споживача головним критерієм є зниження матеріаломісткості і вартості будівництва, збільшення терміну служби будівель і споруд. Особливо важливою проблемою є підвищення довговічності конструкцій з композиційних матеріалів, зокрема бетону, які експлуатуються в агресивних середовищах.

На підставі патентного пошуку, проведеного в рамках цієї дисертаційної роботи, можна зробити висновок, що перспективним напрямком у відновленні і захисту будівельних конструкцій від агресивного впливу природних факторів регіону Лівії, є розробка епоксидних теплостійких і хімічно стійких композицій шляхом вибору оптимальних співвідношень аліфатичних і ароматичних затверджувачів і введення мінеральних дисперсних наповнювачів. Тим самим буде забезпечуватися відновлення несучої здатності і надійний захист бетонної поверхні споруди від впливу хімічно агресивних середовищ. Тому розробка теплостійких і хімічно стійких епоксидіанових композицій для захисту бетонних і залізобетонних будівельних конструкцій є важливим науково-практичним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дисертаційна робота виконана в рамках держбюджетної науково-дослідницької роботи у 2016-2018 р.р. на тему: «Розробка екологічно безпечних будівельних полімерних композиційних матеріалів з використанням вторинної сировини та відходів виробництв» (номер держ. реєстрації 0116U007756) на кафедрі будівельних матеріалів і виробів Харківського національного університету будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки України.

Мета і задачі дослідження: Метою дисертаційної роботи є підвищення міцності з'єднання бетонних елементів з використанням розроблених

епоксидіанових складів, а також підвищення захисту бетонних конструкцій від впливу агресивного середовища кліматичної зони Лівії.

Задачі дослідження:

- визначення складу епоксидіанових композицій, придатних для застосування при підвищених температурах (до 100⁰С), а також при значних коливаннях температури впродовж доби (від 5⁰С до 60⁰С), які можливо використовувати для відновлення бетонних конструкцій та споруд;

- вивчення впливу співвідношення затверджувачів, складу і властивостей мінеральних наповнювачів на процеси твердіння, реологічні, адгезійні та міцнісні властивості структури епоксидіанових композицій;

- вивчення впливу мінеральних наповнювачів на водостійкість і кислотостійкість епоксиполімерів;

- визначення закономірностей зміни властивостей епоксиполімерів при зміні компонентного і концентраційного складу епоксидіанових композицій;

- розробка епоксидіанових композицій для проведення робіт з відновлення та захисту залізобетонних конструкцій в умовах кліматичної зони Лівії;

- вивчення впливу температурних перепадів на властивості бетонів, які були відновлені за допомогою розроблених епоксидіанових композицій.

Об'єкт дослідження - процеси впливу зовнішніх факторів та складу епоксидіанових композицій на міцність клейового з'єднання бетонних елементів конструкцій, що експлуатуються в умовах кліматичної зони Лівії.

Предмет дослідження - ефективні епоксидні композиції з підвищеною теплостійкістю та адгезійною міцністю.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження виконувалися з використанням методів планування експерименту. Фізико-механічні дослідження проведені згідно з нормативними стандартними методами визначення міцності, водопоглинання і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів. Вимірювання в'язкості композицій здійснювалося ротаційним методом. Дослідження методом оцінки життєздатності за утворенням полімерних ниток в момент гелеутворення; методом оцінки ступеня затвердіння епоксидіанових складів за вмістом гель-фракції. Реологічні дослідження епоксидіанових складів. Для оцінки адгезії епоксидіанових складів до різних підложок використали метод рівномірного відриву. Вивчення стійкості зразків, які були відновлені розробленими епоксиполімерами, під впливом кліматичних факторів та агресивних середовищ за втратою маси. Методи математичної обробки результатів досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів досліджень:

Уперше:

Встановлено закономірності технологічних і експлуатаційних властивостей епоксиполімерів від співвідношення компонентів в бінарному затверджувачі та кількості дисперсних мінеральних наповнювачів; розглянуті процеси формування епоксидних полімерів та їх експлуатації в умовах кліматичної зони Лівії.

Вперше визначено, закономірності спрямованого регулювання технологічних властивостей наповнених епоксиполімерних композицій при підвищених температурах до 100⁰С.

Встановлено можливість створення епоксиполімерів з менш напруженою,

однорідною ділатантною структурою шляхом спільного використання діабазового наповнювача, сумішевого затверджувача і поверхнево-активних речовин.

Виявлено закономірності регулювання реологічних властивостей, процесів затвердіння структури, хімічної стійкості епоксидних композицій з аеросіловим наповнювачем, що дозволило розробити тиксотропні корозійностійкі епоксидні мастики для захисту бетонних і залізобетонних споруд.

Досліджено вплив підвищених температур і термо-удару на адгезійну міцність і руйнівне напруження на вигин при температурах до 100⁰С, при цьому в температурному інтервалі від 5⁰С до 100⁰С адгезійна міцність перевищує міцність бетону на розрив, а приріст міцності на вигин склав 10-15%.

Отримало подальший розвиток:

Можливість відновлення будівельних конструкцій в складних умовах кліматичної зони Лівії, методом ін'єктування розробленими ділатантними епоксидними композиціями з підвищенням міцності конструкцій на 15-30%.

Практичне значення отриманих результатів.

На основі проведених досліджень розроблені склади епоксиполімерних композицій для одержання епоксиполімерних будівельних матеріалів зі спеціальними властивостями. З використанням технології ін'єктування ділатантними та покриття поверхні тиксотропними розробленими епоксидними композиціями, стає можливим, з незначними витратами на реконструкцію об'єктів, отримати підвищені експлуатаційні параметри будівельних конструкцій, що підтверджує акт впровадження, який був отриманий після реконструкції та облаштування покриттів каркасної структури на території Лівії. Впровадження результатів досліджень дозволяє розробити теплостійкі і хімічно стійкі епоксиамінні композиції для захисту бетонних і залізобетонних будівельних конструкцій, з їх допомогою відновлювати зруйновані будівельні об'єкти, що дасть можливість отримати реконструйовані конструкції з підвищеною міцністю, водонепроникністю і довговічністю в цілому. Очікуваний економічний ефект від впровадження отриманих результатів становить 250\$ на 100 м² покриття.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота являє самостійно виконану наукову працю. Автором виконано основний обсяг теоретичних і практичних досліджень, проведено аналіз отриманих експериментальних даних, сформульовано основні положення дисертації, що становлять її новизну і практичну значимість, а саме:

- розробка та створення епоксиполімерних композицій з комплексом технологічних та експлуатаційних характеристик;
- теоретичне обґрунтування можливості прогнозування та регулювання властивостей епоксиполімерних композицій;
- експериментальне дослідження властивостей компонентів епоксиполімерних композицій та матеріалів на їх основі.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень пройшли апробацію на міжнародній науково-практичній Інтернет - конференції «Принципи формування економічних параметрів організаційно-технологічного забезпечення надійності зведення об'єктів житлово-комунальної галузі», (м. Харків, листопад 2012р.); міжнародній науково-практичній Інтернет - конференції

«Формування економічних структур землеустрою, будівництва та управління нерухомістю: стан, проблеми, рішення», (м. Харків, листопад 2013р.); VII міжнародній науковій конференції «Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд», (м. Харків, 20-21 жовтня 2015р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ефективні технологічні рішення в будівництві з використанням бетонів нового покоління», (м. Харків, 28-29 жовтня 2015р.); VI міжнародній науково-практичній конференції «Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві», (м. Харків, 23-24 березня 2016р.).

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи викладено у 16 друкованих працях, з них 7 статей у фахових виданнях, рекомендованих МОН України та 1 стаття у виданні, що включене до міжнародної науко-метричної бази Web of Science; 6 публікацій апробаційного характеру; 2 патенти України: патент на корисну модель № 113414 від 25.01.2017р. «Модифікована епоксидна композиція», патент на винахід № 113941 від 27.03.2017р. «Епоксидна композиція».

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 170 найменувань і 2 додатків. Дисертація має 147 сторінок основного тексту, що містить 23 таблиці і 33 рисунка.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** викладена загальна характеристика дисертації: мета та завдання дослідження, актуальність, наукове й практичне значення роботи, новизна, особистий внесок автора, зв'язок з відповідними науковими програмами і планами, апробація результатів, а також інформація щодо структури й обсягу дисертації.

У **першому розділі** проведено критичний аналіз існуючих досліджень поліпшення характеристик композиційних будівельних матеріалів. Оскільки забезпечення монолітності бетону в конструкціях є однією з основних проблем для загальної міцності та стійкості споруди, проведено аналіз шляхів з'єднання бетонних і залізобетонних елементів конструкцій полімерними клеями, в залежності від їх властивостей та характеристик. Теоретичне та практичне обґрунтування впровадження будівельних полімерних композиційних матеріалів на основі полімерів викладені в роботах Кривенко П. В., Лебедева Є. В., Муртазіної С. А., Павлової Ж. Д., Пахаренка В. О., Савельєва Ю. В., Христофорова А. І., Шаповалова В. М., Hollaway L. C. та інших.

Великий внесок у створення й дослідження нових епоксидних для будівництва, архітектури і реставрації зробили Афанасьєв А. В., Бабіч Є. М., Бобилев В. А., Готліб Є. М., Єселев А. Д., Краснюк А. В., Мартинюк Г. В., Нізіна Т. А., Попов Ю. В., Соколова Ю. А., Строганов В. Ф., Харченко К. С., Хозин В. Г., Хорохордін А. М., Яковлева Р. А., Abaubakr S. H., Cardiano P., During John D., Karayannidou E. G. та інші.

Обґрунтовано переваги використання епоксидних полімерів в агресивних умовах, зокрема високих температур. Встановлено, що кращі технологічні та експлуатаційні властивості при зчепленні арматура-бетон можна досягти за рахунок

застосування полімерних клеїв. Запропоновано основні шляхи поліпшення експлуатаційних властивостей епоксиамінних полімерів.

У другому розділі подана характеристика об'єктів і методів дослідження. Об'єктами дослідження стали матеріали, які випускаються промисловістю. Для виготовлення зв'язуючих будівельних епоксиполімерних композиційних матеріалів обрані найбільш популярні на практиці ефективні епоксидні композиції на основі епоксидіанового олігомеру марки ЕД-20 і бінарного твердника амінного типу, що складається з діціанетілдіетілентріаміна марки УП-0633 і 2,6-біс (діметіламінометил) фенолу марки АФ-2.

Вибір сумішевого твердника обумовлений необхідністю регулювання життєздатності, в'язкості і теплостійкості епоксидних композиційних матеріалів в умовах тропічної кліматичної зони. Для модифікації властивостей епоксидного олігомеру використовували реакційноздатний олігомер трігліциділовий ефір поліоксіпропілентріола марки Лапроксід 503 та неіоногенну поверхнево-активну речовину (ПАР) марки Амірол-М.

Для регулювання технологічних властивостей, збільшення термостійкості і зниження вартості композицій використовували дисперсні наповнювачі марки Аеросил 300 і діабазовий порошок (фракція менше 63 мкм).

Експериментальні методи досліджень були обрані з урахуванням специфічних умов експлуатації розроблених композицій. Так, для вирішення поставлених завдань застосовуються методи, які відповідають за: аналіз технологічних властивостей; встановлення фізико-хімічних властивостей; вивчення експлуатаційних властивостей; математичну обробку результатів досліджень.

У третьому розділі вивчено вплив типу та співвідношення амінних твердників та вмісту дисперсних мінеральних наповнювачів на технологічні, структурні, адгезійно-міцнісні властивості і хімічну стійкість епоксидної композиції.

У технологічності композиції важливу роль відіграє процес наростання в'язкості, який визначається життєздатністю композиції. Тому було досліджено вплив співвідношення компонентів в тверднику та вмісту наповнювача, на життєздатність досліджуваних полімерних композицій в залежності від температури.

Життєздатність підібраних композицій оцінювали органолептично за появою полімерних ниток в момент гелеутворення.

Проаналізувавши отримані дані життєздатності полімерних композицій, можна зробити висновок, що введення наповнювачів марки Аеросил (А-300) і ДП (діабазовий порошок) має незначний вплив на життєздатність досліджуваних композицій, а незначне збільшення життєздатності при введенні аеросилу і зниження при введенні діабазового порошку пов'язано з деяким збільшенням і зниженням в'язкості композиції відповідно, в наслідку чого змінюється рухливість реакційно здатних складових композиції. У той же час, зміна співвідношення компонентів бінарного твердника дозволяє в широкому інтервалі варіювати життєздатність розроблених композицій.

Результати зміни життєздатності досліджуваних композицій при температурах 298К і 323К наведено в таблиці 1.

Життєздатність полімерних композицій
на основі епоксидіанового олігомеру марки ЕД-20

Варіант складу бінарного твердника + наповнювач	Життєздатність при температурі, хв.	
	298 К	323 К
твердник АФ-2	50-60	5-10
твердник УП-0633М	120-150	10-15
твердник УП-0633	240-270	35-40
I варіант складу: УП-0633М/ УП-0633 (співвідношення: 5/5)	160-165	21-23
(I варіант складу) + діабазовий порошок (ДП) 20 мас. ч.	159-163	20-21
(I варіант складу) + Аеросил (А-300) 10 мас. ч.	162-169	22-24
II варіант складу: УП-0633М/ УП-0633 (співвідношення: 4/6)	170-175	23-27
(II варіант складу) + ДП 20 мас. ч.	168-173	23-26
(II варіант складу) + Аеросил 10 мас. ч.	173-176	23-28
III варіант складу: УП-0633М/ УП-0633 (співвідношення: 3/7)	190-200	30-32
(III варіант складу) + ДП 20 мас. ч.	188-197	29-31
(III варіант складу) + Аеросил 10 мас. ч.	193-201	33-35
IV варіант складу: АФ-2/ УП-0633 (співвідношення: 5/5)	125-130	12-15
(IV варіант складу) + ДП 20 мас. ч.	125-128	12-15
(IV варіант складу) + Аеросил 10 мас. ч.	130-133	14-16
V варіант складу: АФ-2/ УП-0633 (співвідношення: 4/6)	140-155	18-20
(V варіант складу) + ДП 20 мас. ч.	138-153	17-18
(V варіант складу) + Аеросил 10 мас. ч.	140-156	19-20
VI варіант складу: АФ-2/ УП-0633 (співвідношення: 3/7)	160-170	20-22
(VI варіант складу) + ДП 20 мас. ч.	160-166	20-21
(VI варіант складу) + Аеросил 10 мас. ч.	161-169	22-23

Для вивчення завершеності процесу твердіння епоксидних композицій, а також для визначення впливу наповнювачів на ступінь зшивання, було вивчено вміст гель-фракції в епоксиполімерах. Процес твердіння вивчали в інтервалі температур 298-323К протягом 1, 3 і 6 діб. Для цього композиції наносили на металеві пластини, занурювали в ацетон і витримували до постійної маси.

В результаті проведених досліджень встановлено, що усі досліджувані композиції досягають 75% гель фракції вже у першу добу та досягає мінімум 87% протягом 6 діб, при цьому при підвищенні температури до 323К вміст гель-фракції збільшується на 5-7% на першу, на 3-5% на третю та на 2-3% на четверту добу. При введенні наповнювача відбувається підвищення гель фракції на 3-8% але це

викликано збільшенням вмісту частки нерозчинної мінеральної складової композиції.

Таким чином, встановлено, що змінюючи співвідношення компонентів бінарного твердника та вмісту наповнювача, можливо в широких межах змінювати швидкості твердіння епоксидних композицій і отримувати полімери з високим ступенем твердіння. При розробці наповнених композицій, що використовуються для відновлення будівельних об'єктів та споруд, важливу роль відіграють такі їхні реологічні параметри, як агрегативна і седиментаційна стійкість, задовільні тиксотропні та ділатантні властивості. В'язкість композицій, що тверділи, вимірювали за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2». Реологічні криві течії для композицій наповнених аеросилом та діабазовим порошком наведено на рис.1.

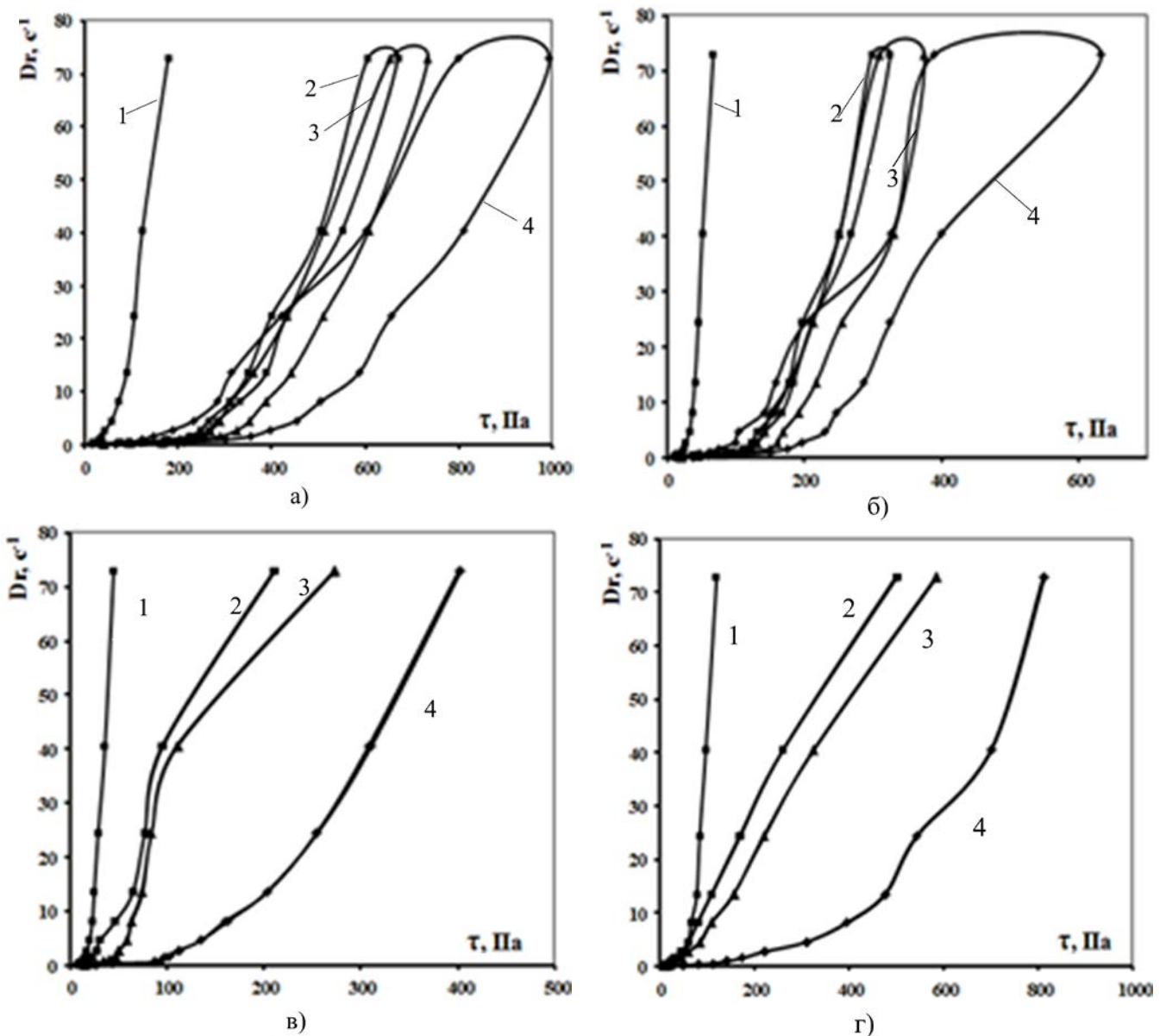


Рис.1. Реологічні криві течії епоксидних композицій з сумішшю амінних твердників в співвідношенні АФ/УП-0633 (4/6), від вмісту А-300(а, б) та ДП(в, г) при температурі 298К – (а, в) і 323К – (б, г).
1 – (0 мас. ч.); 2 – (5 мас. ч.); 3 – (10 мас. ч.); 4 – (15 мас. ч.).

У результаті проведених досліджень встановлено, що введення аеросилу (А-300) дозволяє створити тиксотропні епоксидні композиції, як при 298К так й при підвищенні температури до 323К, які можуть бути використані для відновлення стель та вертикальних поверхонь будівельних об'єктів. Також встановлено, що введення діабазового порошку (ДП) дозволило створити полімерні композити з ділатантним характером течії при вмісті 5 та 10 мас. ч., що створює гарні передумови для використання цих складів, для відновлення будівельних об'єктів методом ін'єктування тріщин та порожнин.

Для оцінки ступеня структурованості та міжмолекулярних зв'язків у розроблених полімерних складів були визначені деякі структурно-реологічні характеристики відповідно до теорії академіка П.О. Ребиндера, які представлені в таблиці 2: умовно статична межа плинності (τ_s), в'язкість при мінімальній швидкості, початок руйнування (початкова ефективна в'язкість) (η_0), мінімальна в'язкість при максимальній швидкості деформування (η_{min}), n - показник ступеня в рівнянні Гершеля-Балклі.

Таблиця 2

Структурно-реологічні характеристики розроблених полімерних складів.

Варіант складу полімерних композицій на основі ЕД-20 та бінарного твердника + наповнювач	умовно статична межа плинності τ_s , Па	початкова ефективна в'язкість η_0 , Па×с	мінімальна в'язкість при макс. швидкості деформування η_{min} , Па×с	показник ступеня в рівнянні Гершеля-Балклі, n
АФ-2	15,1	89,8	5,3	0,355
УП-0633	3,1	18,1	3,1	0,534
V варіант складу (див. табл.1): АФ-2/ УП-0633 (4/6)	5,4	32,3	4,1	0,433
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 5 мас. ч. аеросилу А-300	47,9	287,3	13,3	0,269
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 10 мас. ч. аеросилу А-300	65,8	395,1	27,3	0,296
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 15 мас. ч. аеросилу А-300	59,9	359,1	24,4	0,292
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 5 мас. ч. діабазового порошку	25,4	144,2	9,8	0,303
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 10 мас. ч. діабазового порошку	27,9	169,3	11,9	0,315
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 15 мас. ч. діабазового порошку	37,3	246,3	15,1	0,324

Аналіз отриманих даних в таблиці 2 показує: в утвореній структурі відбувається збільшення енергії взаємодії між агрегатами, за рахунок росту вмісту мікросфер, а також зниження товщини прошарків дисперсійного середовища. Крім того, для наповнених аеросилом дисперсій характерно значне падіння ефективної в'язкості на початкових ділянках деформування при малих значеннях напруги зсуву, що викликано розривом на початковій стадії менш міцних контактів між глобулами дисперсії, між мінеральними частинками і глобулами полімерів, а також орієнтації частково зруйнованих агрегатів в напрямку зсуву, що призводить до уповільнення відновлення структури дисперсії, про що свідчить наявність петлі гистерезиса на кривих течії (рис. 1 (а, б)). В свою чергу введення діабазового порошку дозволяє в 1,5-2 рази знизити межу плинності та ефективну в'язкість досліджуваних композицій, навіть, при малих напругах зсуву. Це свідчить про низький рівень взаємодії між дисперсною фазою та дисперсним середовищем, що дозволяє створити ділатантні легко відновлювальні системи, про що свідчить відсутність петлі гистерезиса на кривих течії (рис. 1 (в, г)). Для вивчення зміни структурних параметрів розроблених композицій від температури були досліджені термомеханічні властивості композицій, що наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Фізичні властивості і структурні параметри епоксиполімерів

Варіант складу полімерних композицій на основі ЕД-20 та бінарного твердника + наповнювач	T_c , К	ΔT ($T_{BЭ} - T_c$), К	$\epsilon_{отн}$, %	E_{∞} , МПа	M_c , кг/моль	$E_{BЭ}$, кг/см ²
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 5 мас.ч. А-300	353	29	7,0	5460	1090	5460
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 10 мас.ч. А-300	360	28	7,0	5460	1130	5460
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 15 мас.ч. А-300	366	20	5,3	7211	840	7211
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 5 мас.ч. ДП	341	18	9,0	4246	1360	4240
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 10 мас.ч. ДП	355	23	7,0	5460	1100	5460
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 15 мас.ч. ДП	358	22	6,1	6265	990	6265

Аналіз отриманих даних в таблиці 3 показує, що використання у бінарному тверднику ароматичного аміну марки АФ-2 дозволяє підвищити температури склування на 15-20К, а алифатического аміну марки УП-0633 знизити напруженість структури, що зменшує ступінь деформування епоксидної матриці в 1,4 рази у порівнянні з епоксиполімером, який твердне тільки під дією ароматичного твердника. При цьому отримані композиції з температурою склування 365-373К, що дозволяє їх експлуатувати в умовах пустельного клімату Лівії де температура на сонці може досягати 323-328К а нагрів конструкцій 353-363К.

В результаті дослідження термомеханічних властивостей епоксиполімерів, що знаходяться на межі розділу фаз із аеросилом і діабазовим порошком, порівняно з поведінкою ненаповненого полімеру виявлено, що в присутності наповнювачів в

наслідок між фазної взаємодії макромолекули полімеру з наповнювачем утворюється більш жорстка полімерна матриця пропорційно вмісту наповнювача. Враховуючи практичну спрямованість проведених досліджень, а саме розробку епоксидних композитів, призначених для захисту й відновлення бетонних і залізобетонних конструкцій, працюючих в умовах кліматичної зони Лівії, адгезійна взаємодія на межі розділу адгезив - субстрат (епоксиолімер – бетон, а також епоксиполімер – сталь) є однією з найважливіших характеристик. Попередні дослідження показали, що адгезійна міцність на границі полімер – бетон перевершує когезійну міцність бетону (руйнування проходить по тілу бетону). Проведено дослідження впливу мінеральних дисперсних наповнювачів на адгезійну міцність розроблених епоксидних композицій. Збільшення значення величин адгезійної міцності до сталі можна пояснити тим, що процес формування адгезійної взаємодії відбувається в сприятливіших умовах за рахунок незначної різниці швидкості твердіння в об'ємі наповненої матриці і на поверхні сталі, особливо у випадку введення аеросилу. Роль ПАР полягає в тому, що неіоногенна ПАР (Амірол М) поліпшує релаксаційну здатність межі розділу фаз полімер – наповнювач, так у процесі твердіння знижується її сумісність з полімерною матрицею і вона адсорбується на поверхні наповнювача. Таким чином, проведені дослідження дозволили визначити вплив дисперсних мінеральних наповнювачів на величину адгезійної міцності до різних підкладок. Показано, що при використанні мінеральних наповнювачів, забезпечується більш високий рівень адгезійної взаємодії за рахунок більш рівномірного формування полімерної сітки на границі з підкладкою.

Проведено дослідження водостійкості і кислотостійкості композитів залежно від вмісту діабазового порошку та аеросилу. В якості агресивного середовища використовували 10% розчин H_2SO_4 і дистильовану воду. За експериментальними даними були розраховані коефіцієнти дифузії. Ці дані подані в таблиці 4.

Таблиця 4

Коефіцієнт дифузії дистильованої води і 10% розчину H_2SO_4 в епоксиполімері

Варіант складу полімерних композицій на основі ЕД-20 та бінарного твердника + наповнювач	Коефіцієнт дифузії, $D \cdot 10^{-9} \text{ см}^2/\text{с}$	
	H_2O	H_2SO_4
АФ-2	4,659	7,109
УП-0633	6,898	6,975
АФ-2/ УП-0633 (4/6)	7,12	6,593
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 5 мас. ч. А-300	7,691	6,795
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 10 мас. ч. А-300	8,099	9,001
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 15 мас. ч. А-300	8,75	9,393
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 5 мас. ч. ДП	6,558	6,953
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 10 мас. ч. ДП	6,776	4,749
АФ-2/ УП-0633 (4/6) + 15 мас. ч. ДП	6,161	6,901

Аналіз отриманих даних в таблиці 4 показує, що кислотостійкість ненаповнених композитів нижча від його водостійкості, а також, що введення діабазового порошку сприяє деякому підвищенню стійкості епоксиполімера до дії води і розчину електроліту (H_2SO_4). При цьому значення коефіцієнтів дифузії для вихідного і наповненого полімерів змінюються незначно.

Зниження значення водопоглинання та поглинання з розчину кислоти на 15% та 25% у випадку введення діабазового порошку можна пояснити рівномірним його розподіленням по усій структурі композиту, що зазвичай приводить до зниження вільного об'єму у полімері і, як наслідок, зниженню дифузії.

Таким чином, було визначено вплив співвідношення компонентів бінарного твердника та вмісту дисперсних мінеральних наповнювачів на технологічні, структурні, експлуатаційні та реологічні властивості епоксиамінних композицій, показана можливість утворення ділатантних та тиксотропних структур в епоксиамінних композиціях, що швидко відновлюються, за рахунок використання діабазового порошку та аеросилу.

У четвертому розділі було досліджено експлуатаційні властивості бетонних та цегляних зразків, що можуть експлуатуватися в умовах регіону Лівії, яка знаходиться в тропічному поясі, в області посушливого (пустельного) континентального клімату, тому матеріали, що застосовуються для відновлення і захисту бетонних конструкцій, мають відповідати ряду необхідних вимог. Насамперед мати широкий температурний інтервал застосування та експлуатації від 0 до 50 °С (короткочасно витримувати тепловий удар до 90°С); забезпечувати надійне відновлення механічної міцності бетонних конструкцій; мати достатній термін експлуатації в умовах впливу факторів кліматичної зони і агресивного впливу середовища. Даному спектру вимог в повній мірі відповідає розроблена епоксидна композиція.

Для оцінки ефективності застосування розроблених епоксидних матеріалів нами були проведені дослідження в кліматичній камері типу «тепло-вологість» по ASTM D5510-94 були створені умови подібні тропічній кліматичній зоні і оцінено вплив циклічних перепадів температури в умовах сольового туману на механічну міцність бетонних конструкцій.

Згідно з розробленою програмою експерименту були встановлені наступні параметри випробувань:

- кількість циклів нагрівання-охолодження 100
- кожен цикл включає послідовне нагрівання досліджуваних зразків до температури 25-60°С (в залежності від модельованого місяця) витримки при даній температурі протягом не менше 14 годин з подальшим охолодженням до температури 0-20°С (в залежності від модельованого місяця) на 10 годин. Протягом кожного циклу зразок піддається термічному удару на термін не менше 2 годин при температурі 90°С;
- після кожної з контрольних точок експерименту проводилися випробування не менше трьох стандартних і відновлених бетонних балочок на міцність при згині.

На рис. 2 наведено вигляд відновлених балочок та методи їх дослідження на міцність при згині.



Рис. 2 Зразки відновлених балочок та метод їх дослідження на міцність при згині після витримки в кліматичній камері.

Результати зміни міцності при згині бетонних зразків-балочок наведено на рис. 3.

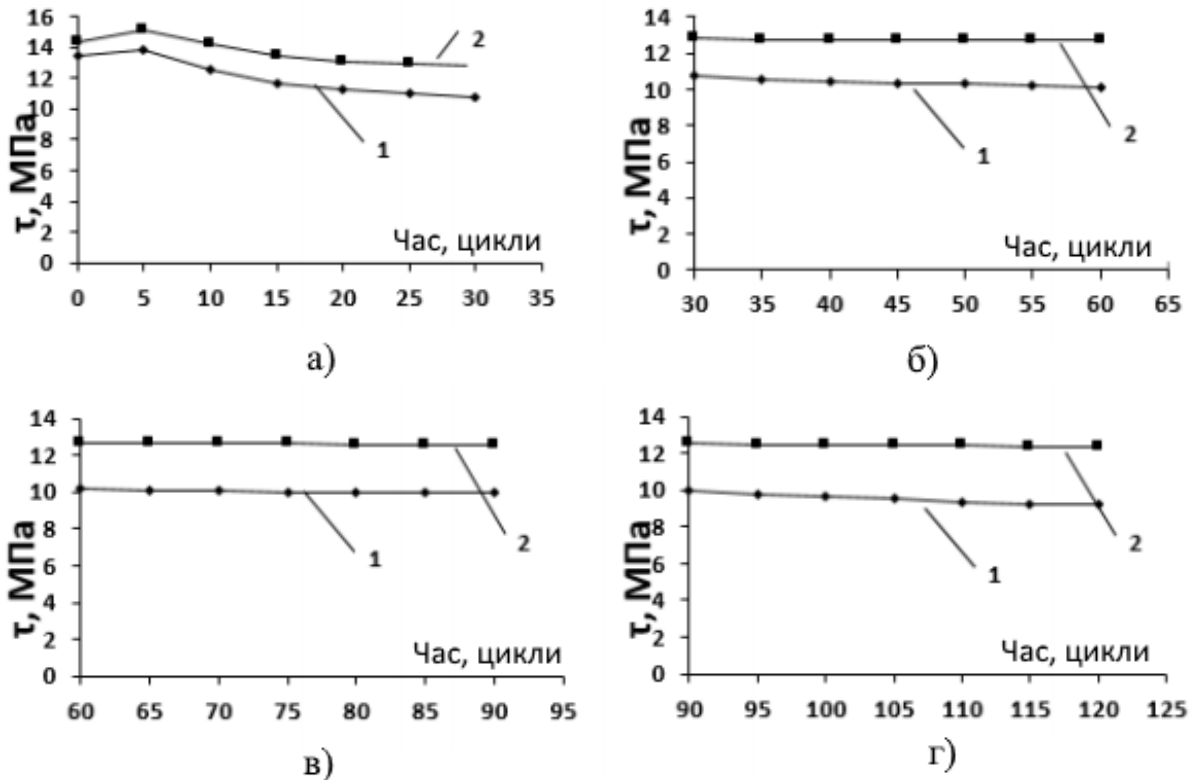


Рис.3 Зміна міцності при згині бетонних зразків-балочок від часу витримки в кліматичній камері для тропічної прибережної кліматичної зони: а) зима; б) весна; в) літо; г) осінь; 1 - еталонний зразок; 2 - відновлений зразок.

Аналіз отриманих результатів показує, що в умовах підвищеної вологості в зимовий період для еталонних бетонних зразків (крива 1 рис.3(а)) протягом першого місяця спостерігається незначне на 0,3-5МПа підвищення міцності бетону, що на перший погляд пов'язано з додатковим твердінням бетону за рахунок надлишку вологи, але протягом наступних двох зимових місяців відбувається істотне

зниження міцності бетону на 10-15% (1,5-2МПа), викликані процесами вилугування, сульфатної корозії і карбонізації, за рахунок наявності в сольовому тумані, який моделює умови прибережної зони, NaCl, SO₄, CO₂ розчинених у воді.

У той же час для відновленої бетонної балки (крива 2 рис. 3(а)) зниження міцності бетону становить всього 5-6% (0,7-1МПа), що пов'язано з тим, що розроблена епоксиполімерна композиція має обмежену (до 3мм) проникаючу здатність, в результаті чого, в області клейового з'єднання відбувається закупорка порожнин бетону і утворюється хімічно стійкий бар'єр, який запобігає міграції сольових іонів і вуглекислого газу в тіло бетону. У наступні періоди зниження міцності значно уповільнилось і склало 2-3%. З наведених даних можна помітити, що в процесі витримки в кліматичній камері відбувається поступове зниження міцності для еталонних бетонних балок особливо інтенсивний процес спостерігається при моделюванні літніх місяців при підвищенні температури в умовах підвищеної вологості, застосування розробленої полімерної композиції дозволяє на 15-20% підвищити міцність відновлених бетонних балок в порівнянні з еталонними балками, а строк експлуатації становить не менше 10 років, оскільки коефіцієнт хімічної стійкості під час перевірки методом захисного покриття не змінювався і склав 1.01.

Для оцінки ефективності застосування розроблених ділатантних епоксиамінних композицій модифікованих діабазовим порошком, було відновлено зразок цегляної кладки методом ін'єктування макротріщин і мікротріщин, який дозволяє відновлювати цегляну кладку без збільшення поперечного перерізу відновлюваних елементів конструкцій. Загальний вигляд зразка цегляної кладки, методу її дослідження та розташування індикаторів наведено на рис.4 і рис5.

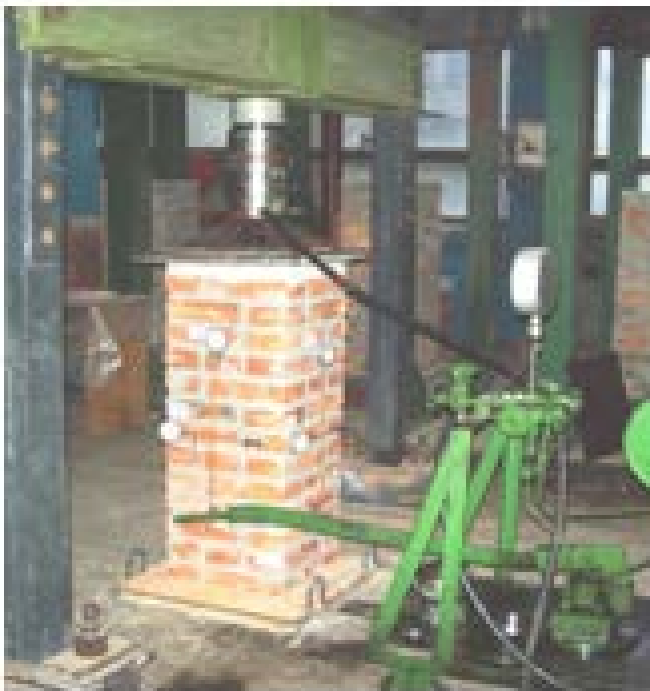


Рис.4. Дослідний зразок цегляної кладки та метод її дослідження.

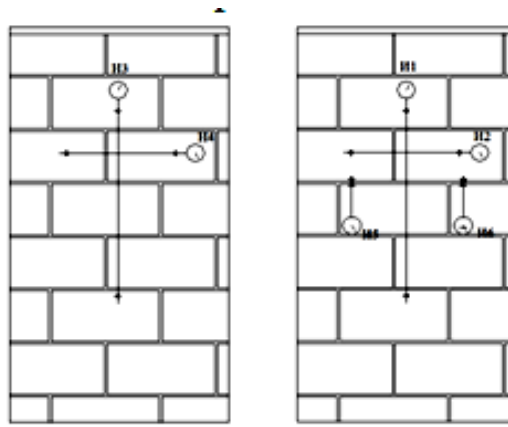


Рис.5 Схема розташування індикаторів деформації.

Характер розкриття тріщин вихідного та відновленого зразків наведено на рис.6.

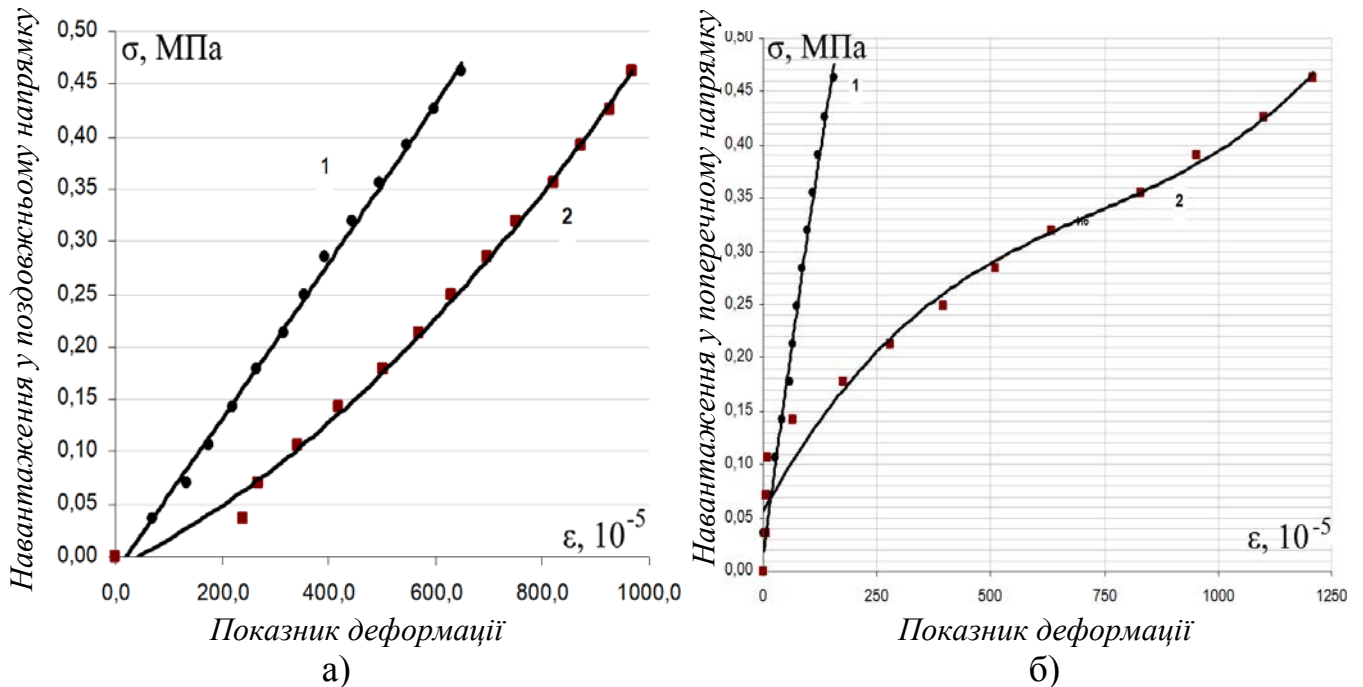


Рис. 6. Графіки залежності відносних деформацій від ступенів навантаження «σ-ε» у поздовжньому (а) та поперечному (б) напрямку для вихідного (1) і відновленого (2) зразків.

В ході проведення випробувань встановлено, що магістральні тріщини які утворюються на другій стадії випробувань обходять зону відновлену методом ін'єктування, що дозволяє зробити висновок про істотне, практично повне відновлення експлуатаційних якостей кладки в результаті використання запропонованого способу підсилення.

Реконструкція дослідного зразка, відновленого методом ін'єктування в поєднанні з зачеканенням тріщин дозволило не тільки повністю відновити монолітність конструкції, але і підвищити її несучу здатність на 15-30%.

Визначено закономірності впливу вмісту діабазового порошку та співвідношення компонентів твердника на показники: в'язкість (η), температуру

склування (T_c) розробленої композиції та міцність при вигині ($\sigma_{\text{виг}}$) відновлених бетонних зразків. Побудовані поверхні відгуку наведено на рис.7.

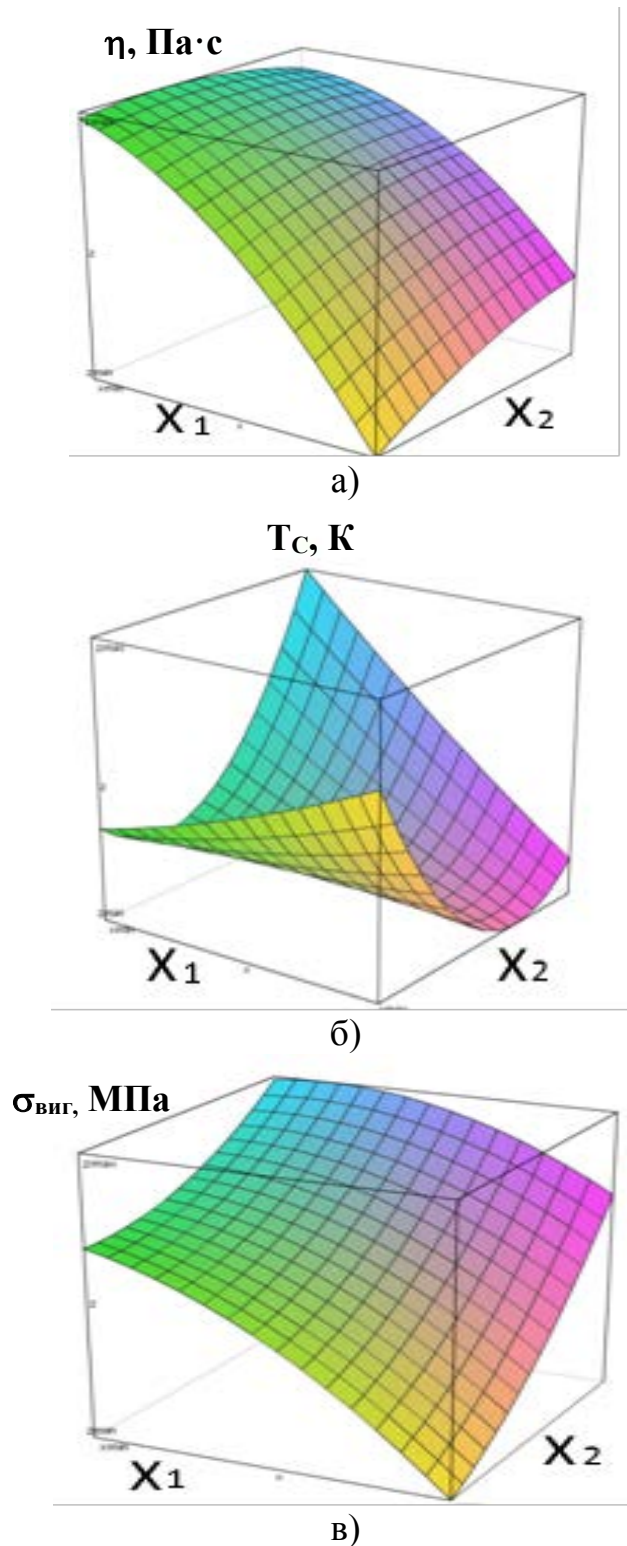


Рис. 7. Залежність впливу вмісту діабазового порошку та співвідношення компонентів твердника на:

- (а) – в'язкість η ; (б) – температуру склування T_c розробленої композиції;
 - (в) – міцність при вигині $\sigma_{\text{виг}}$ відновлених бетонних зразків;
- x_1 – вміст діабазового порошку; x_2 – співвідношення компонентів твердника.

Для цього виконано дво-факторний експеримент. Оцінено дисперсії коефіцієнтів, розраховано довірчий інтервал істинних значень коефіцієнтів, залишкову суму квадратів і побудовано квадратичні моделі, які адекватно описують вплив вмісту діабазового порошку та співвідношення компонентів твердника на досліджувані характеристики:

– в'язкість (η):

$$y_1 = 32,29 + 10,33x_1 - 23,42x_2 - 6,17x_1^2 - 2,93x_2^2 - 10,5x_1x_2;$$

– температура склування (T_c):

$$y_2 = 64,31 + 11,48x_1 + 35,85x_2 - 17,88x_1^2 - 22,62x_2^2 + 5,275x_1x_2;$$

– міцність на вигин ($\sigma_{\text{виг}}$):

$$y_3 = 23,69 - 1,615x_1 + 3,5x_2 - 7,22x_1^2 - 10,12x_2^2 + 7,53x_1x_2,$$

де x_1 – вміст діабазового порошку, x_2 – співвідношення компонентів твердника.

За отриманими рівняннями регресії для нормованих значень факторів побудовані поверхні відгуку і визначені найбільші значення досліджуваних характеристик для кожного рівняння в розглянутих межах.

Визначено раціональну рецептуру складу, що спучується, яка має високу температуру склування ($T_c=366$ К), достатню ефективну в'язкість ($\eta = 160$ Па·с) та міцність на вигин ($\sigma_{\text{виг}}=15,3$ МПа).

У п'ятому розділі розраховано економічний ефект від застосування епоксидних композицій при експлуатації в умовах тропічної кліматичної зони, впливів високих температур і агресивних середовищ.

Розроблені епоксиамінні композиції впроваджені при укладанні покриттів на будівельних об'єктах міста Тріполі (Лівія). Показана економічна ефективність від впровадження результатів досліджень на прикладі облаштування покриттів каркасної структури. Застосування каркасних покриттів в будівлях, що експлуатуються в агресивних середовищах показує їх перевагу і перспективність у порівнянні з традиційними варіантами. Очікуваний економічний ефект від впровадження становить 250\$. на 100 м² покриття. Такий економічний ефект досягається за рахунок надійного захисту бетонних елементів розробленою композицією при реконструкції (коефіцієнт хімічної стійкості дорівнює одиниці), а це означає, що повторну захисну обробку поверхні бетону потрібно проводити значно рідше (один раз за 8-10 років замість 2-3 років).

Розрахований економічний ефект при застосуванні розробленої епоксидної композиції заснований на акті впровадження, який був отриманий після реконструкції та облаштування покриттів каркасної структури на території Лівії.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Представлено теоретичне уявлення створення ефективних термостійких матеріалів на основі модифікованих епоксиамінних сполучних і дисперсних мінеральних наповнювачів та розроблені епоксидні композиції з високими експлуатаційними властивостями для відновлення та захисту залізобетонних конструкцій в умови регіону Лівії.

2. Вивчено можливість отримання ділатантно-ньютонівських і тіксотропно-ньютонівських структур на основі низько-концентрованих епокси-модифікованих наповнених систем в присутності неіоногенного ПАР і грубо-дисперсних наповнювачів. Полімерні композиції на основі оліго-епоксида марки ЕД-20, неіоногенного ПАР марки Амірол М і діабазового наповнювача мають ділатантні властивості і низький рівень ефективної в'язкості в широкому діапазоні напруг зсуву, можуть застосовуватися, як компонент ін'єкційних складів, композиції з використанням в якості наповнювача аеросила мають тіксотропні властивості та можуть бути використані в якості захисних покриттів і клеїв як на горизонтальних, так і на вертикальних поверхнях.

3. В результаті досліджень було встановлено, що використання бінарного твердника дозволяє за рахунок ароматичного аміну марки АФ-2 підвищити температуру склування на 15-20 К, а алифатического аміну марки УП-0633 знизити напруженість структури і зменшує ступінь деформування епоксидної матриці в 1,4 рази, порівняно з епоксиолімером, отвердженим тільки ароматичним твердником. При цьому отримано композиції з температурою склування 365 – 373К, що дозволяє експлуатувати їх в умовах тропічного клімату Лівії де температура на сонці може досягати 323 – 328К, а нагрів конструкцій 353 – 363К.

4. Встановлено, що одночасне використання діабазового наповнювача та інертного неіоногенного ПАР Амірол М дозволяє підвищити адгезійну міцність епоксидної мастики до поверхні сталі на 3 – 4 МПа, кислотостійкість в 1,9 – 2,1 рази.

5. В ході прискорених випробувань в кліматичній камері встановлено, що в процесі витримки в модельному кліматичному середовищі відбувається поступове зниження міцності бетонних балок, особливо інтенсивний процес спостерігається при моделюванні літніх місяців з підвищенням температури в умовах підвищеної вологості, застосування розробленої полімерної композиції дозволяє на 15 – 30% підвищити міцність відновлених бетонних балок у довгостроковій перспективі, в порівнянні з еталонними балками. А термін служби в умовах агресивних середовищ Лівії може досягати 10 років.

6. На підставі проведених модельних випробувань ділянки цегляної кладки показано, що магістральні тріщини які утворюються на другій стадії експерименту обходять зону відновлену методом ін'єктування, та незважаючи на дещо збільшену деформативність дослідного зразка, застосування методу ін'єктування в поєднанні з зачеканенням тріщин дозволило не тільки повністю відновити монолітність конструкції, але і підвищити її несучу здатність на 15 – 30% (в порівнянні з першою стадією випробувань).

7. Техніко-економічна ефективність визначена при реконструкції шляхопроводу поблизу міста Тріполі (Лівія), про що свідчить акт впровадження отриманих в дисертаційній роботі результатів досліджень. Економічний ефект при реконструкції 100м² поверхні шляхопроводу склав 250 доларів США.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові публікації у спеціалізованих фахових виданнях рекомендованих МОН України та у виданні, що включене до міжнародної науко-метричної бази Web of Science :

1. Mouna Abdalhkem, Basheer N. Younis. Experimental study on repair of reinforced concrete beams using polymeric resin (acrylic and epoxy). *Науковий вісник будівництва: зб. наук. праць*. 2015. Вип. 3(81). С. 51 – 55.

Особистий внесок автора – проведення експериментів і аналіз результатів дослідження.

2. Муна Абдалхкем, Башир Н. Юнис. Соединение бетонных и железобетонных элементов конструкций полимерными клеями *Строительные материалы и изделия*. 2015. Вип. 2(89). С. 24 – 25.

Особистий внесок автора – розробка дослідних зразків і аналіз результатів випробувань.

3. Муна Абдалхкем, Башир Н. Юнис. Воздействие температуры на склеенные полимерными клеями железобетонные конструкции. *Науковий вісник будівництва: зб. наук. праць*. 2015. Вип.4(82). С. 90 – 93.

Особистий внесок автора – розробив програму кліматичних випробувань і проводив аналіз результатів експериментів.

4. Муна Абдалхкем, Башир Н. Юнис. Последствия воздействия высоких температур и горения склеенных полимерными клеями железобетонных конструкций. *Строительные материалы и изделия*. 2015. Вип. 3 – 4 (90). С.70–72.

Особистий внесок автора – зробив постановку практичної частини експерименту.

5. Muna Abdalhkem, Michael Tokarev, Basheer N. Younis. A study on the effect of temperature on the mechanical properties of the fiber-epoxy composite. *Строительные материалы и изделия*. 2016. Вип. 1(91). С. 54 – 58.

Особистий внесок автора – провів порівняльний аналіз впливу різних методів армування клейового шва на зміну механічних властивостей бетону при різних температурних режимах.

6. Муна Абдалхкем, Токарев М.М., Башир Н. Юнис, Савин А.Б. Разработка модифицированной эпоксидной композиции пригодной для восстановления строительных конструкций в условиях климатической зоны Ливии. *Строительные материалы и изделия*. 2017. Вип. 1 – 2(94). С. 78 – 82.

Особистий внесок автора – аналіз впливу складу композиції на її технологічність в умовах кліматичної зони Лівії.

7. Муна Абдалхкем, Токарев М.Н., Быков Р.А., Башир Н. Юнис. Экспериментальный анализ влияния циклических климатических факторов на прочность клеевого соединения бетонных блоков. *Строительные материалы и изделия*. 2018. Вип. 1 – 2(97). С. 72 – 74.

Особистий внесок автора – проведені дослідження впливу циклічного зміни клімату на міцність відновлених за допомогою розробленої композиції бетонних зразків.

8. Mouna Abdalhkem. The use of polymer adhesives for the reconstruction of concrete elements of destroyed buildings in Libya. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT). 2015. Vol. 4. С. 23 – 26. (**Видання включено у МНБД Web of Science**)

URL: http://www.ijesit.com/Volume%204/Issue%204/IJESIT201504_04.pdf

Праці апробаційного характеру:

9. Муна Абдалхкем, Скала Г.Ф., Муфтах Ахмади, Мозырев В.В. Принципи формування економічних параметрів організаційно-технологічного забезпечення надійності зведення об'єктів житлово-комунальної галузі.

Экономическая составляющая предварительного напряжения тонкостенных конструкций: матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції. Х.: ХНАМГ, 2012р. С. 118 – 119.

Особистий внесок автора – проведення досліджень.

10. Муна Абдалхкем, Скала Г.Ф., Муфтах Ахмади. Экономика конструктивных решений предварительного напряжения строительных композиций. Формування економічних структур землеустрою, будівництва та управління нерухомістю: стан, проблеми, рішення: матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції. Харків: ХНУМГ, 2013р. С. 66 – 68.

Особистий внесок автора – проведення досліджень формування економічних структур.

11. Муна Абдалхкем. Внедрение полимерных клеев для решения актуальных проблем реконструкции городов Ливии. Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд: ТЕЗИ за матеріалами VII Міжнародної наукової конференції. Харків: ХНУБА, 2015. С. 173 – 174.

Особистий внесок – автор брав безпосередню участь у постановці експерименту та аналізі результатів дослідження.

12. Муна Абдалхкем, Башир Н. Юнис. Анализ воздействие температуры на склеенные полимерными клеями конструкции (на примере Ливии). Эффективные технологические решения в строительстве с использованием бетонов нового поколения: материалы Международной научно-практической конференции. Харків: ХНУБА, 2015. С. 195 – 199.

Особистий внесок автора – проведення експериментальних досліджень.

13. Mouna Abdalhkem. Experimental study on repair of reinforced concrete beams using polymeric resin. Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд: матеріали VII Міжнародної наукової конференції. Харків: ХНУБА, 2015. С. 75.

Особистий внесок – автор брав безпосередню участь у постановці завдання, проведенні експериментів і аналізі результатів дослідження

14. Муна Абдалхкем, Башир Н. Юнис. Экспериментальный анализ воздействия высоких температур и горения на технологически реконструированные железобетонные конструкции. Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд: ТЕЗИ за матеріалами VI Міжнародної наукової конференції. Харків: ХНУБА, 2016. С. 119 – 120.

Особистий внесок автора – зробив постановку практичної частини експерименту.

Додаткові публікації:

15. Патент на корисну модель №113414 від 25.01.2017р. «Модифікована епоксидна композиція». Автори: Саєнко Н.В., Биков Р.О., Башир Н. Юнис, Муна Абдалхкем.

Особистий внесок автора: – дослідження реологічних і реокінетичних параметрів епоксиолімерних композицій

16. Патент на винахід №113941 від 27.03.2017р. «Епоксидна композиція». Автори: Саєнко Н.В., Биков Р.О., Башир Н. Юнис, Муна Абдалхкем.

Особистий внесок автора: – оптимізація складу епоксиполімерної композиції з підвищеною хімічною стійкістю.

АНОТАЦІЯ

Муна Абдалхкем. Підвищення міцності з'єднання бетонних елементів з використанням розроблених епоксиполімерів в умовах Лівії. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 «Будівельні матеріали та виробы» – Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків, 2019 р.

Дисертацію присвячено створенню епоксиамінних композитів будівельного призначення з підвищеною термостійкістю, поліпшеними технологічними, адгезійно-міцнісними і фізико-механічними властивостями, стійких до впливу кліматичних факторів і агресивних середовищ кліматичної зони Лівії, на основі епоксидіанового олигомера, модифікованого малими добавками ПАР і дисперсними мінеральними наповнювачами, що отверджуються комбінованим бінарним аміним твердником.

На підставі обробки отриманих експериментальних даних встановлені закономірності зміни технологічних, реологічних, структурних і адгезійно-міцнісних властивостей епоксиамінних композицій з підвищеною термостійкістю від кількісного і компонентного складу наповнювача і співвідношення компонентів бінарного твердника.

Показано, шляхи створення ділатантних та тиксотропних структур, з використанням неіоногенного ПАР та мінеральних дисперсних наповнювачів різної природи.

На основі розроблених композицій отримано склади з підвищеною теплостійкістю, адгезійною міцністю, хімічною та атмосферо стійкістю, які можуть використовуватися як захисні покриття для захисту і відновлення бетонних об'єктів і конструкцій, в умовах кліматичної зони Лівії, методами захисного покриття і ін'єктування. Розроблені склади дозволяють на 15-30% збільшити несучу здатність відновлюваного об'єкта, при цьому термін експлуатації складе до 10 років.

Ключові слова: епоксидні в'язучі; мінеральні дисперсні наповнювачі, поверхнево-активні речовини; відновлення; захист; полімерні матеріали для будівництва.

АННОТАЦИЯ

Муна Абдалхкем. Повышение прочности соединения бетонных элементов с использованием разработанных эпоксиполимеров в условиях Ливии. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» – Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков, 2019 г.

Диссертация посвящена созданию эпоксиаминных композиций строительного назначения с повышенной термостойкостью, улучшенными технологическими, адгезионно-прочностными и физико-механическими свойствами, устойчивых к воздействию климатических факторов и агрессивной среды климатической зоны Ливии, на основе эпоксидианового олигомера, модифицированного малыми

добавками ПАВ и дисперсными минеральными наполнителями, отверждаемых комбинированным бинарным аминным отвердителем.

На основании обработки полученных экспериментальных данных установлены закономерности изменения технологических, реологических, структурных и адгезионно-прочностных свойств эпоксиаминных композиций с повышенной термостойкостью от количественного и компонентного состава наполнителя и соотношения компонентов бинарного отвердителя.

Показано, пути создания дилатантных и тиксотропных структур, с использованием неионогенного ПАВ и минеральных дисперсных наполнителей различной природы.

На основе разработанных композиций получены составы с повышенной теплостойкостью, адгезионной прочностью, химической стойкостью, которые могут использоваться как защитные покрытия при восстановлении бетонных элементов объектов и конструкций, в условиях климатической зоны Ливии, методами замоноличивания и инъектирования. Разработанные составы позволяют на 15 – 30% увеличить несущую способность восстанавливаемого объекта, при этом ожидаемый срок эксплуатации конструкций составит до 10 лет.

Ключевые слова: эпоксидные вяжущие; минеральные дисперсные наполнители, поверхностно-активные вещества; восстановление; защита; полимерные материалы для строительства.

ABSTRACT

Mouna Abdalhkem. IN THE STRENGTH OF THE CONNECTION OF INCREASE CONCRETE ELEMENTS USING DEVELOPED EPOXYPOLYMERS IN LIBYA. – Qualification scientific work as manuscript.

The dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.23.05 - Building materials and products. - Kharkov National University of Construction and Architecture, Kharkov, 2019.

The thesis is devoted to the creation of epoxy-amine compositions for building purposes with increased heat resistance, improved technological, adhesive-strength and physic mechanical properties that are resistant to climatic factors and the aggressive environment of the Libyan climate zone, based on epoxy-diane oligomer modified with small surfactant additives and dispersed mineral fillers, hardened combined binary amine hardener.

Based on the processing of the obtained experimental data, the laws governing the changes in the technological, rheological, structural and adhesion-strength properties of epoxy-amine compositions with increased heat resistance from the quantitative and component composition of the filler and the ratio of the components of the binary hardener are established.

It is shown that ways to create dilatant and thixotropic structures using non-ionic surfactants and mineral disperse fillers of various nature. The preparatory work required for the research was carried out. The chemical composition and properties of components for restoring the strength of concrete and ceramic bricks, exploited in tropical climates by methods of self-healing, injection, were studied. The normative base on the topic of dissertation work is analyzed. To study and analyze the composition and properties of raw materials and products were used as modern methods of research (X-ray analysis, raster microscopy and mercury porometry), as well as standard methods for determining the properties of raw materials and products. The reliability of scientific results and conclusions in the dissertation is provided by experiments and studies performed on certified equipment and devices in an accredited laboratory, as well as modern methods of information processing.

On the basis of the developed compositions, compositions with high heat resistance, adhesive strength, chemical resistance were obtained, which can be used as protective coatings for restoring concrete elements of objects and structures, in the conditions of the climate zone of Libya, using monolithing and injection methods. Ecologically safe repair-suitable composition for restoration of concrete and reinforced concrete structures with high thermal stability at satisfactory strength and water resistance in the conditions of Libya has been developed.

The influence of temperature and composition of the composition on the structural parameters of the developed polymeric materials is investigated. As a result of studies, it was found that the use of a binary hardener will allow at the expense of an aromatic amine brand AF-2 to increase the bonding temperature by 15-20⁰C, and aliphatic amine brand UP-0633 to reduce the tension of the structure and reduce the degree of deformation of the epoxy matrix by 1.4 times compared to epoxy polymer approved only by aromatic hardener. Thus obtained compositions with a glass transition temperature of 365-373K, which allows them to be operated in the desert climate of Libya where the temperature in the sun can reach 323-328K and the heating of structures 353-363K.

Investigations of the effect of the composition of the hardener and introduced into the surfactant matrix, providing increased adhesion of mastic to the concrete surface. The simultaneous use of diabase filler and surfactants - inert nonionic Amirol M and reactive polyaminooligamide

L-503 allowed to increase the adhesive strength of epoxy mastic to the surface of steel by 3 - 4 MPa, acid resistance of 2.1. And life in the face of aggressive environments in Libya exceeds 10 years

The developed compositions allow to increase the load-carrying capacity of the restored object by 15 – 30%, while the lifetime will be up to 10 years.

Based on the model tests of the brick masonry section, it is shown that the main cracks formed in the second stage bypass the area restored by the injection method, which allows to conclude the essential, practically complete restoration of the masonry performance due to the use of the proposed method of reinforcement. Despite the slightly

increased deformability of the prototype, the application of the injection method in combination with the wait of the cracks allowed not only to completely restore the solidity of the structure, but also to increase its load-bearing capacity by 40% (compared with the first stage of testing).

The expected economic impact of the implementation is 250 \$ in 100 m² of frame structure covering the territory of Libya for the estimated lifetime

Key words: epoxy binders; mineral dispersed fillers, surfactants; recovery; protection; polymeric materials for construction.

Підписано до друку 25.11.2019 р.
Формат 60x84. 1/16. Папір офсетний
Друк – цифровий. Умовн.друк.арк 0,9. Тираж 100 прим. Зам. №5940

ХНУБА, Україна, 61002, Харків, вул. Сумська, 40

Підготовлено та надруковано РВВ Харківського національного університету
будівництва та архітектури