

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

Котів Роман Михайлович



УДК 666.949:666.971

**ДЕКОРАТИВНІ БАГАТОКОМПОНЕНТНІ ЦЕМЕНТИ ТА МОДИФІКОВАНІ
БУДІВЕЛЬНІ ШТУКАТУРНІ РОЗЧИНИ НА ЇХ ОСНОВІ**

05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті “Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Саницький Мирослав Андрійович,
Національний університет “Львівська політехніка”,
завідувач кафедри будівельного виробництва

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гоц Володимир Іванович,
Київський національний університет
будівництва і архітектури,
завідувач кафедри технології виробництва будівельних
конструкцій та виробів

кандидат технічних наук, доцент
Житковський Вадим Володимирович,
Національний університет водного господарства та
природокористування, доцент кафедри технології
будівельних виробів і матеріалознавства, м. Рівне

Захист відбудеться “05” грудня 2013 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.17 Національного університету “Львівська політехніка” за адресою: 79013, м. Львів, вул. Карпінського 6, навчальний корпус II, ауд. 212.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного університету “Львівська політехніка” (79013, м. Львів, вул. Професорська, 1).

Автореферат розісланий “ ” листопада 2013 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 35.052.17,
к.т.н., доцент



П.Ф. Холод

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Однією із найважливіших проблем реконструкції старовинної забудови міст є відновлення декоративних архітектурних частин і фасадів будівель. Відомим в'язучим для реставрації та оздоблення будівель є романцемент. Для збереження архітектурної спадщини Європи проектом ROCARE передбачено розширення досліджень з використання романцементу для відновлення та оздоблення фасадів будівель. Штукатурні розчини на основі романцементу володіють високою атмосферостійкістю, достатньою міцністю на стиск та зчепленням з основою. В той же час, романцемент характеризується швидкими термінами тужавіння і високою водопотребою, що викликає значні деформації усадки. Технологія його виготовлення вимагає спеціальної вихідної сировини, а незначні об'єми виробництва призводять до суттєвого зростання собівартості. Тому актуальними з теоретичної та практичної точок зору є розроблення спеціальних декоративних багатокомпонентних цементів для штукатурних розчинів, що є аналогами романцементу за хімічним складом та можуть використовуватися для реставраційних, опоряджувальних та оздоблювальних робіт.

Узагальнення результатів досліджень у напрямку будівельного матеріалознавства свідчить про можливість створення декоративних багатокомпонентних цементів з пониженим вмістом клінкерного фонду шляхом проектування їх середнього хімічного складу за рахунок системного поєднання портландцементів, тонкодисперсних мінеральних добавок та наповнювачів світлих відтінків, що дозволяє одержати модифіковані будівельні штукатурні розчини для оздоблювальних робіт, які забезпечують запроєктовану марку за міцністю на стиск, добре зчіплюються з основою та характеризуються покращеними показниками якості.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до держбюджетної теми „Фізико-хімічні основи створення цементуючих систем для конструкційних матеріалів нового покоління” за тематичним планом Міністерства освіти і науки України (номер держреєстрації 0110U001109) та „Розроблення малоенерговмісних полікомпонентних цементуючих матеріалів для високофункціональних будівельних розчинів та бетонів” (номер державної реєстрації 0113U001370).

Мета роботи і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення декоративних багатокомпонентних цементів та модифікованих будівельних штукатурних розчинів на їх основі для оздоблювальних робіт, оптимізація їх складів, дослідження процесів структуроутворення та номенклатури показників якості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити хіміко-мінералогічний склад і фізико-механічні властивості романцементу, а також встановити особливості процесів його структуроутворення;
- визначити вплив тонкодисперсних мінеральних добавок та наповнювачів на фізико-механічні властивості декоративних багатокомпонентних цементних систем;

- оптимізувати склади декоративних багатокомпонентних цементів для будівельних штукатурних розчинів та встановити фізико-хімічні закономірності процесів їх гідратації;

- дослідити вплив фракційного складу кварцового піску на мезоструктуру та міцність будівельних штукатурних розчинів;

- на основі комплексного аналізу розроблених математичних моделей запроєктувати ефективні склади модифікованих будівельних штукатурних розчинів на основі декоративних багатокомпонентних цементів;

- дослідити показники якості модифікованих будівельних штукатурних розчинів для оздоблювальних робіт;

- провести практичну апробацію розроблених модифікованих будівельних штукатурних розчинів на основі декоративних багатокомпонентних цементів та обґрунтувати їх техніко-економічну ефективність.

Об'єкт дослідження: процеси регулювання технологічних властивостей розчинових сумішей для направленої формування структури штучного каменю будівельного розчину на основі декоративного багатокомпонентного цементу.

Предмет дослідження: декоративні багатокомпонентні цементні та модифіковані будівельні штукатурні розчини на їх основі для реставраційних, опоряджувальних та оздоблювальних робіт.

Методи дослідження. Експериментальні результати отримано із застосуванням комплексу сучасних методів фізико-хімічного аналізу, зокрема лазерної гранулометрії, рентгеноспектрального аналізу, рентгенівської дифрактометрії, растрової електронної мікроскопії, диференційно-термічного аналізу, низькотемпературної дилатометрії, ртутної порометрії, ізотермічної калориметрії. Визначення фізичних (середня густина, пористість, водопоглинання), фізико-механічних властивостей декоративних цементів та показників якості штукатурних розчинів здійснювали за стандартними методиками та згідно з чинною нормативно-технічною документацією. Оптимізацію складів декоративних багатокомпонентних цементів та модифікованих будівельних штукатурних розчинів на їх основі проведено із застосуванням експериментально-статистичних методів планування експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів:

- теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість одержання вискоефективних штукатурних розчинів на основі декоративних багатокомпонентних цементів за рахунок системного поєднання портландцементів, тонкодисперсних активних мінеральних добавок та наповнювачів, що забезпечує направлене формування мікроструктури цементуючої матриці з утворенням стабільних продуктів гідратації;

- розкрито закономірності структуроутворення декоративних багатокомпонентних цементів для штукатурних розчинів, які визначаються процесами зв'язування $\text{Ca}(\text{OH})_2$ активними формами SiO_2 і Al_2O_3 у складі кремнезему та метакаоліну з утворенням гідросилікатів кальцію типу $\text{CSH}(\text{I})$, гідроалюмінатів та гідросульфоалюмінатів кальцію, що сприяє інтенсифікації процесів тверднення та забезпечує довговічність штучного каменю;

- подальший розвиток отримала розробка наукових засад проектування вискоєфективних модифікованих будівельних штукатурних розчинів на основі пластифікованих декоративних багатокомпонентних цементів за критеріями середньої густини, міцності, вологості з врахуванням закономірностей розподілу порової структури розчину та його еластичності для попередження релаксацій напружень без тріщиноутворення;
- доведено, що оптимізація фракційного складу кварцового піску і декоративного багатокомпонентного цементу в широкому діапазоні розмірів частинок за рахунок введення мінеральних добавок різних груп і модифікаторів пластифікуюче-повітровтягувальної дії забезпечує легковкладальність розчинових сумішей, міцність зчеплення з основою та створює можливість одержання штукатурок з необхідною міцністю, достатнім вологообміном та морозостійкістю.

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблено та оптимізовано декоративні багатокомпонентні цементні та згідно з розробленим проектом технічних умов ТУ У 26.5-02071010-161:2012 "Декоративний багатокомпонентний цемент для будівельних штукатурних розчинів" проведено випуск дослідної партії в кількості 5 т;
- укладено ліцензійний договір з ТзОВ "Завод "Полімербудпром" на передачу патенту України № 82274 на корисну модель під назвою "Зв'язуюче";
- здійснено випуск сухих будівельних сумішей модифікованих для штукатурення у кількості 21 т. За результатами досліджень розроблено проект технічних умов ТУ У 26.6-02071010-162:2013 "Суха будівельна суміш модифікована для штукатурення";
- проведено апробацію розчинових сумішей з проектною маркою за рухомістю П12 та будівельних штукатурних розчинів з маркою за міцністю на стиск М50 (патент України на корисну модель № 82596) на ПП "Архітектурна майстерня "Ренесанс" при реставрації частини фасадів Палацу Любомирських та будинку №43 на пр. Свободи у м. Львові. При цьому було вирішено технологічні завдання забезпечення водоутримувальної здатності сумішей, міцності зчеплення з основою при заданій міцності, атмосферо- та морозостійкості модифікованого будівельного штукатурного розчину.

Особистий внесок здобувача полягає в проведенні експериментальних досліджень, обробленні одержаних даних, впровадженні результатів роботи у виробництво. Постановка завдання та формулювання основних положень і висновків проводились під керівництвом наукового керівника д.т.н., проф. Саницького М.А. та к.т.н. Кропивницької Т.П.

Особистий внесок здобувача відображено в наукових роботах:

- досліджено хіміко-мінералогічний склад романцементу, його фізико-механічні властивості та встановлено особливості процесів структуроутворення [2, 3, 11];
- розраховано середній хімічний склад декоративних багатокомпонентних цементів та досліджено їх фізико-механічні властивості [7];
- оптимізовано склади декоративних багатокомпонентних цементів для штукатурних будівельних розчинів [8, 13];

- встановлено фізико-хімічні закономірності процесів гідратації пластифікованих декоративних багатокомпонентних цементів [4];
- досліджено вплив фракційного складу кварцового піску та модифікаторів на технологічні властивості і міцність будівельних штукатурних розчинів [6, 10, 12];
- запроєктовано склади модифікованих будівельних штукатурних розчинів за критеріями міцності та досліджено їх показники якості [1, 5, 9].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та її результати доповідались і обговорювались на конференціях: XI Міжнародній науково-практичній конференції „Дни современного бетона” (Запоріжжя, 2010); III Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і студентів GAC 2010 (Львів, 2010); XIII International Scientific Conference „Current issues of civil and environmental engineering” (Кошице, Словаччина, 2011); Міжнародній науковій конференції „Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка” (Київ, 2012); 18-th International conference on building materials (Веймар, Німеччина, 2012) та на конференціях професорсько-викладацького складу Національного університету „Львівська політехніка” 2010-2013 рр.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 13 наукових праць, з них 7 статей у фахових науково-технічних виданнях України, 4 публікації у матеріалах доповідей вітчизняних та міжнародних конференцій, 2 патенти України на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Основна частина дисертаційної роботи викладена на 118 сторінках друкованого тексту і складається із вступу, п'яти розділів та висновків. Повний обсяг дисертації становить 158 сторінок і включає 26 таблиць на 23 сторінках, 52 рисунки на 48 сторінках, список використаних джерел із 157 найменувань на 16 сторінках та 7 додатків на 26 сторінках.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, зазначено основні положення, що отримані автором і мають наукову новизну та практичну цінність.

У першому розділі проведено аналітичний огляд стану наукової проблеми на підставі аналізу літературних даних і визначено теоретичні передумови досліджень.

Одним з етапів еволюційного розвитку технології в'язучих речовин є романцемент, який широко використовувався з початку XIX століття, проте на даний час практично повністю витіснений портландцементом. Зовнішні штукатурки на основі романцементу характеризуються високою атмосферостійкістю. Разом з тим, в період понад сторічної експлуатації будівель історичної забудови міст на фасадах, оздоблених з використанням романцементу, спостерігаються різного роду пошкодження, зокрема тріщини, відшарування штукатурки та ін., що потребує проведення реставраційних робіт. В рамках Європейського проекту EU-project ROCARE "Романський цемент для реставрації архітектури до нових високих стандартів" на основі досліджень зарубіжних вчених (J. Weber, C. Gosselin, R. Kozlowski, H. Szelaq, A. Garbacik) в Австрії та Польщі налагоджено дослідно-

промислове виробництво романцементу. Проте відсутність належної вихідної сировини значно ускладнює одержання романцементу, а малотоннажність виробництва призводить до суттєвого збільшення його вартості. Тому для фасадних опоряджувальних та оздоблювальних робіт в Україні, як правило, використовуються штукатурні розчини на основі білого та кольорового цементів. Разом з тим, такі розчини характеризуються підвищеною пористістю, водопоглинанням, що призводить до зростання швидкості дифузії солей в штукатурках і висолоутворення.

Дослідженнями В.І. Гоца, Л.Й. Дворкіна, В.М. Дерев`янка, П.В. Кривенка, Р.Ф. Рунової та ін. показано, що задачі управління властивостями будівельних розчинів можна вирішувати за рахунок регулювання фізико-хімічних процесів у цементуючій матриці. Як зазначає Ю.М. Баженов, для будівельних штукатурних розчинів, що мають невелику міцність, характерна дрібнопориста структура III типу з контактним розміщенням "обмазаних" тістом зерен піску та тільки частковим заповненням порожнин між зернами заповнювача. Це дозволяє отримати широку номенклатуру розчинів при мінімальних витратах цементу та з високим вмістом повітряної фази. Для покращення властивостей розчинів до їх складів вводять тонкодисперсні наповнювачі, що містять зерна розміром менше 10 мкм, які доповнюють гранулометрію цементу, ущільнюють структуру твердої фази розчину. Разом з тим, з метою економії клінкерної складової портландцементу для отримання будівельних штукатурних розчинів з покращеними експлуатаційними властивостями значний інтерес представляє також використання багатокомпонентних цементуючих систем.

Аналіз даних у області технології цементів і будівельних розчинів, а також відомих закономірностей формування структури штучного каменю з заданими властивостями дозволяє висунути наукову гіпотезу про доцільність розроблення декоративних багатокомпонентних цементів, що є максимально наближеними до романцементу за хімічним складом і міцністю та можуть бути отримані шляхом раціонального проектування їх гранулометричного і речовинного складів за рахунок оптимізації вмісту клінкерної складової портландцементу, тонкодисперсних активних мінеральних добавок та мікронаповнювачів, а при їх поєднанні з комплексними хімічними добавками пластифікуюче-повітровтягувальної дії створюють можливість одержання модифікованих будівельних штукатурних розчинів, які характеризуються покращеною легковкладальністю, забезпечують проектну марку за міцністю на стиск, міцність зчеплення з основою, відповідні показники якості, виконують функцію оздоблення та вирішують завдання захисту основи від вологи.

У заключній частині огляду літератури сформульовано мету дисертаційної роботи, визначені завдання, які необхідно вирішити в ході її виконання.

У другому розділі наведено характеристики вихідних матеріалів, описано основні методики досліджень, які були використані в роботі.

При проведенні експериментальних досліджень використано романцемент (ІММВ, Польща), білий портландцемент СЕМ I 52,5 N "СІМСА" (Туреччина) та портландцементи ПАТ "Івано-Франківськцемент". Для одержання декоративних багатокомпонентних цементів застосовували мінеральні добавки світлих відтінків пуцоланічного типу – метакаолін ТзОВ "НЕОБА", кремнезем ПАТ "ГПСОВИК",

цеоліт Сокирницького родовища, карбонатний мікронаповнювач – мармурове борошно Приборжавського родовища, двоводний гіпс Дубівецького родовища, а також суперпластифікатор СП на основі сульфонафталінформальдегіду (Релаксол-Супер, ТОВ "Будіндустрія ЛТД") та добавку гідروفобно-пластифікуючої дії з повітровтягувальним ефектом ПВ (Febmix DN). Для виготовлення модифікованих штукатурних будівельних розчинів використовували кварцові піски Ясинецького ($M_k=1,22$) та Жовківського ($M_k=1,83$) родовищ Львівської області.

Дослідження фракційного складу і тонини розмелювання цементів проводили ситовим аналізом і визначенням питомої поверхні на поверхнемірі ПМЦ-500; розподіл частинок за розмірами визначали за допомогою лазерного аналізатора частинок Coulter. Фізико-механічні властивості романцементу та декоративних багатокомпонентних цементів проводили згідно з діючими стандартами та загальноприйнятими методиками. Коефіцієнт відбиття декоративних цементів визначали з використанням блискоміра фотоелектричного ФБ-2. Показники якості будівельних штукатурних розчинів досліджували згідно з ДСТУ Б В.2.7-239:2011. Міцність зчеплення з основою штукатурних розчинів визначали за вимогами ДСТУ Б В.2.7-126:2011.

Вивчення фазового складу продуктів гідратації цементів виконано за допомогою комплексу сучасних фізико-хімічних методів аналізу: рентгенівської дифрактометрії (ДРОН-2.0, Siemens D5000), диференційної термографії (OD-1500Q), ІЧ-спектроскопії (Спекорд М-80) та ртутної порометрії (Autopore II 9220). Хімічні склади цементів та мінеральних добавок визначено рентгеноспектрометром ARL OPTIM'X. Калориметричні дослідження зразків гідратованих цементів проведено з використанням калориметра Zwick Roel. Для дослідження морфології поверхні каменю на основі декоративних цементів та штукатурних розчинів використано електронні скануючі мікроскопи Philips XL30 ESEM-FEG та PEM-106И. Визначення деформацій розширення свіжозаморожених модифікованих штукатурних розчинів здійснювали методом низькотемпературної дилатометрії. Частина експериментальних досліджень проведена в Інституті будівельних матеріалів ім. Фінгера (Баухаус університет, м. Веймар).

Оптимізацію складів декоративних багатокомпонентних цементів і модифікованих будівельних штукатурних розчинів проводили за допомогою методів експериментально-статистичного моделювання з використанням дисоціативно-крокового методу оптимізації.

Третій розділ присвячено дослідженню властивостей романцементу та розробленню декоративних багатокомпонентних цементів для модифікованих будівельних штукатурних розчинів, оптимізації їх складів і вивченню процесів структуроутворення.

Романцемент відноситься до декоративних в'язучих (коефіцієнт відбиття за ступенем білизни становить 60%). Хімічний склад романцементу складає відповідно 51,1 мас.% CaO; 33,0 мас.% SiO₂; 8,54 мас.% Al₂O₃; 2,34 мас.% Fe₂O₃; 2,01 мас.% MgO; 1,33 мас.% K₂O; 0,4 мас.% Na₂O; 0,87 мас.% SO₃, 12,33 мас. % ВПП. Методом лазерної гранулометрії встановлено, що для романцементу ($S_{\text{пит.}}=800 \text{ м}^2/\text{кг}$; $A_{008}=4,0\%$) вміст фракцій Ø1; Ø10; Ø20 і Ø60 мкм становить відповідно 14,5; 48,7;

59,4 і 88,3 %, а розмір зерен D10; D50 і D90 відповідає 0,79; 11,8 і 69,61 мкм. На основі даних гранулометричного аналізу розраховано диференційний коефіцієнт поверхневої активності (K_{isa}), який показує внесок кожного розміру частинок в загальну поверхню цементної системи. Так, у розвиток питомої поверхні визначальним є внесок дрібних фракцій і максимальне значення $K_{isa}^{max}=10,0 \text{ мкм}^{-1}$ об.% досягається для фракції 0,6 мкм, в той час як для фракції 42,0 мкм з максимальним вмістом частинок (2,8 мас. %) K_{isa} складає всього $0,43 \text{ мкм}^{-1}$ об.%. Висока дисперсність таких частинок в значній мірі визначає їх поверхневу енергію та призводить до значної водопотреби в'язучого.

Калориметричним аналізом встановлено, що романцемент характеризується коротким індукційним періодом ($\tau=12$ хв) та низькою теплотою гідратації (29,8 Дж/г). Високореакційні фази типу CA, $C_{12}A_7$ визначають швидке тужавіння та міцність на ранніх стадіях, а з віком тверднення приріст міцності відбувається за рахунок гідратації белітової фази. При цьому початок та кінець тужавіння романцементу (НГТ=0,40) становить відповідно 3 і 8 хв, а міцність каменю через 1; 3; 7 та 28 діб тверднення складає 4,9; 6,1; 7,6 та 20,8 МПа. Для цементно-піщаного розчину на основі романцементу (Ц:П=1:3; РК=115 мм; В/Ц=1,0) досягається марка за міцністю М100.

Згідно з даними рентгенофазового аналізу на дифрактограмах негідратованого романцементу (рис 1, а) крім ліній основних клінкерних мінералів проявляються додатково лінії геленіту ($d/n=0,285; 0,176$ нм), кальциту ($d/n=0,303; 0,277; 0,208; 1,912$ нм) та кварцу ($d/n=0,424; 0,334; 0,249; 0,228$ нм). При цьому вміст SiO_2 та $CaCO_3$ становить відповідно 10 та 25 мас. %, що свідчить про неповний характер протікання реакцій твердофазового синтезу клінкерних мінералів романцементу. Через 28 діб гідратації на дифрактограмах додатково фіксуються лінії гідрокарбоалюмінату кальцію $C_3A \cdot CaCO_3 \cdot 12H_2O$ ($d/n=0,761; 0,380$ нм), а лінії портландиту практично відсутні. Ступінь гідратації белітової фази романцементу через 28 діб становить 71,0 %.

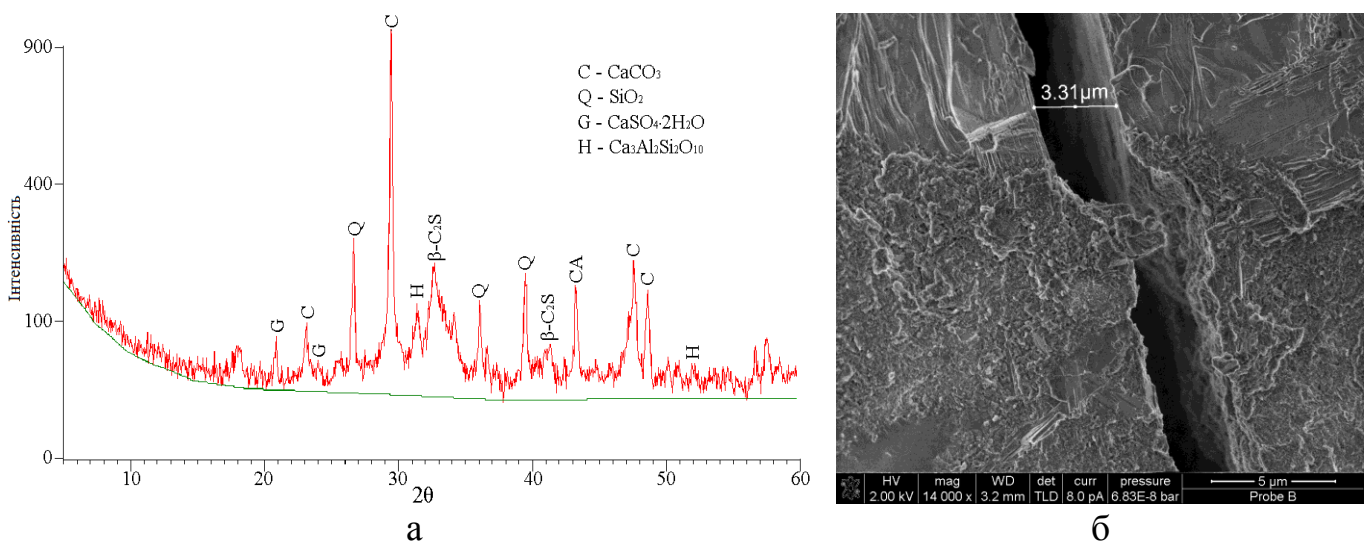


Рис. 1. Дифрактограма негідратованого романцементу (а) та усадочна тріщина романцементного каменю (б)

Методом растрової електронної мікроскопії встановлено, що для романцементного каменю характерна структура з великою кількістю капілярних пор. В романцементному камені розвивається магістральна усадочна тріщина шириною розкриття 3,31 мкм, що утворюється внаслідок об'єднання закритих лускоподібних субмікроскопічних мікротріщин в кристалоагрегатах і між ними (рис. 1, б).

Отже, особливості хіміко-мінералогічного складу та висока дисперсність романцементу визначають суттєве зростання його водопотреби, що призводить до підвищення пористості штучного каменю, утворення різного роду тріщин і можливих відшарувань штукатурок. Тому виникає необхідність розроблення аналога романцементу за хімічним складом – декоративного в'язучого з відповідними фізико-механічними властивостями.

Аналізом хімічних складів різних типів декоративних цементів показано (рис. 2), що основними їх компонентами є такі оксиди, як CaO , SiO_2 , Al_2O_3 та Fe_2O_3 . Для білого портландцементу вміст головного компонента CaO становить 70,5 мас.%, а для романцементу та білітового цементу спостерігається закономірне зниження вмісту CaO до 52,9 та 53,0 мас.%, водночас вміст SiO_2 та Al_2O_3 в романцементі зростає в 1,7 та 2,1 рази порівняно з білим портландцементом СЕМ I 52,5 N і становить відповідно 31,0 і 8,4 мас.%. На основі поєднання білого портландцементу та мінеральних добавок різних типів запроєктовано усереднений хімічний склад декоративного багатокомпонентного цементу, мас.‰: CaO – 49,3; SiO_2 – 28,9; Al_2O_3 – 8,2; Fe_2O_3 – 0,64.

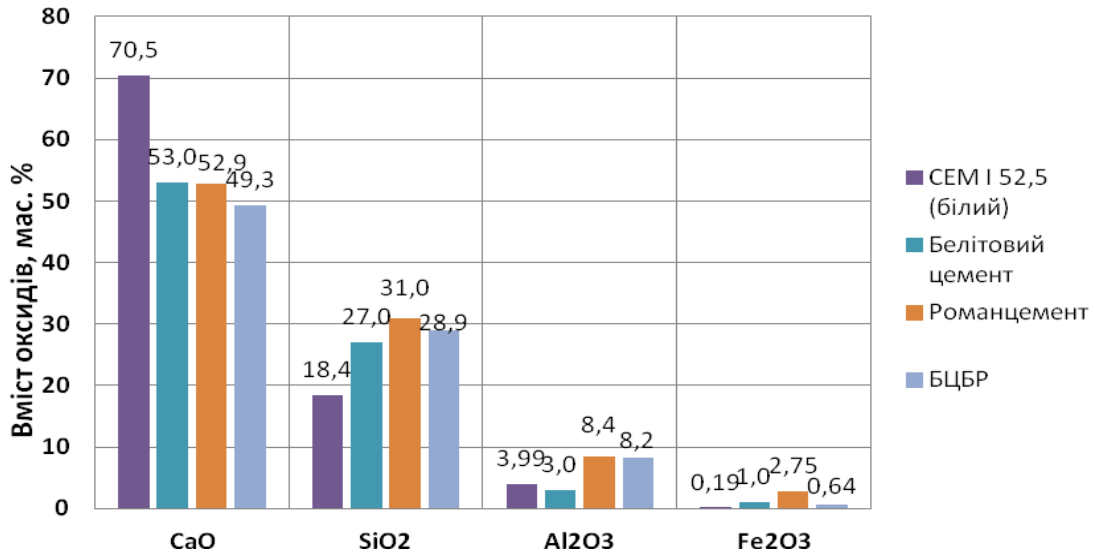


Рис. 2. Вміст основних оксидів декоративних цементів

Декоративні багатокомпонентні цементы для будівельних розчинів (БЦБР) одержували шляхом сухого змішування білого портландцементу СЕМ I 52,5 N або портландцементів ПАТ "Івано-Франківськцемент", активних мінеральних добавок світлих відтінків (метакаолін, цеоліт, кремнезем), карбонатного мікронаповнювача та ін. в різних співвідношеннях. Вид і природа мінеральних добавок та наповнювачів має суттєвий вплив на кінетику тверднення та міцність багатокомпонентних цементних систем. При переході до цементів з підвищеним

вмістом активних мінеральних добавок спостерігається закономірне сповільнення процесів їх раннього структуроутворення і зниження міцності. При цьому водопотреба таких цементів зростає до 0,44...0,52, а їх гідралічна активність складає 17,6...22,8 МПа.

Згідно з даними гранулометричного аналізу (рис. 3, а) для декоративного цементу БЦБР 200 ($S_{\text{пит}}=820 \text{ м}^2/\text{кг}$) вміст фракцій $\emptyset 1$; $\emptyset 10$; $\emptyset 20$ і $\emptyset 60$ мкм становить відповідно 8,0; 36,8; 52,2; 76,9 %, а розмір зерен D_{10} ; D_{50} і D_{90} відповідає 1,32; 18,86; 111,0 мкм. Максимум на диференційній кривій розподілу зерен відповідає розміру 34 мкм. Максимальне значення $K_{\text{isa}}^{\text{макс}}=5,0 \text{ мкм}^{-1} \text{ об.}\%$ досягається для фракції 0,6 мкм, а для фракції 5 мкм цей коефіцієнт у 5 разів менший і при подальшому зростанні розміру частинок суттєво зменшується (рис. 3, б). Характерно, що частинки розміром до 10 мкм складають всього 35 мас.%, а їх вклад в питому поверхню перевищує 90%, при цьому основний внесок у розвиток питомої поверхні вносять частинки розміром до 3 мкм. Дослідженнями термокінетичних характеристик декоративних цементів показано, що для білого портландцементу теплота гідратації протягом 24 год складає 288,9 Дж/г. Показник тепловиділення при твердненні декоративного багатокомпонентного цементу знижується в 2 рази (148,9 Дж/г) внаслідок зменшення частки клінкеру до 30 мас.% та адсорбції пластифікатора на поверхні переважно гідратних новоутворень.

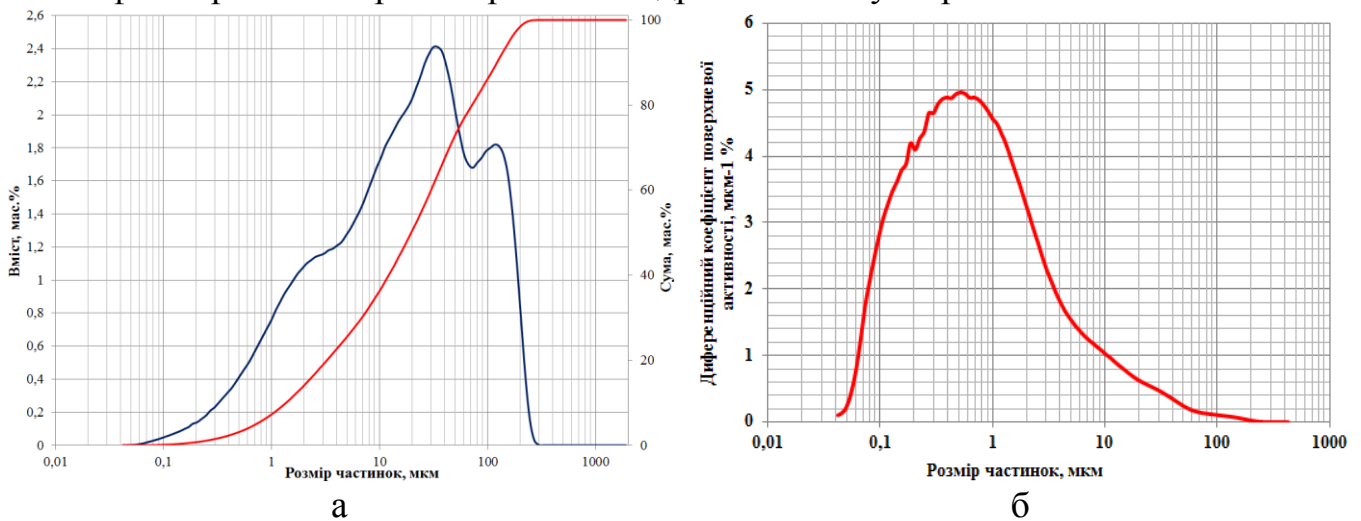


Рис. 3. Гранулометричний склад (а) та диференційний коефіцієнт поверхневої енергії (б) БЦБР 200 ($S_{\text{пит}}=820 \text{ м}^2/\text{кг}$)

Для одержання пластифікованих декоративних багатокомпонентних цементів використано суперпластифікатор сульфонафталинформальдегідного типу (СНФ). Для встановлення оптимального співвідношення добавок та одержання необхідної міцності декоративних багатокомпонентних цементів для штукатурних розчинів проведено математичне планування експерименту методом ортогонального центрально-композиційного планування (Ц:П=1:3; РК=106-115 мм). Оптимізовані склади декоративних багатокомпонентних цементів для будівельних розчинів з підвищеним вмістом мінеральних добавок та наповнювачів відповідають в'язучим типу БЦБР 200, БЦБР 300 і БЦБР 350 (табл. 1). Для декоративного багатокомпонентного цементу коефіцієнт відбиття складає 71%, що дозволяє його

віднести за ступенем білизни до 3 сорту (ДСТУ Б В.2.7-257:2011). Коефіцієнт водовідділення (об'ємний) БЦБР 200 становить 21,5 %, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-124-2004.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості декоративних багатокомпонентних цементів для штукатурних розчинів

| Тип цементу | $S_{\text{пит}}$, М ² /КГ | A_{008} , мас. % | НГТ, % | Терміни тужавіння, год-хв | | Границя міцності на стиск, МПа, у віці, діб | | |
|-------------|--|--------------------------|-----------|------------------------------|--------|--|------|------|
| | | | | початок | кінець | 2 | 7 | 28 |
| БЦБР 200 | 820 | 0,8 | 33,0 | 3-20 | 4-10 | 8,6 | 17,3 | 26,8 |
| БЦБР 300 | 840 | 0,6 | 34,0 | 3-40 | 4-50 | 6,2 | 23,0 | 30,1 |
| БЦБР 350 | 850 | 0,5 | 34,0 | 3-30 | 4-50 | 7,2 | 32,9 | 36,9 |

Декоративний багатокомпонентний цемент БЦБР 200 з добавкою СНФ при В/Ц=0,39 характеризується розпливом стандартного конуса РК=140 мм (ДСТУ Б В.2.7-187:2009), що дозволяє віднести його до пластифікованих ДСТУ Б В.2.7-46:2010. За рахунок водоредукуючого ефекту забезпечується приріст ранньої міцності ($R_c^2/R_c^{28}=0,31$) та досягається задана активність в'язучого $R_{c28}=23,5$ МПа (рис. 4, а). При випробуванні згідно з EN 196 (В/Ц=0,50) пластифікуючий ефект складає $\Delta РК=30,6\%$, а міцність через 7 та 28 діб за рахунок водоредукуючого ефекту ($\Delta В/Ц=8\%$) підвищується і становить відповідно 15,5 та 27,5 МПа (рис. 4, б).

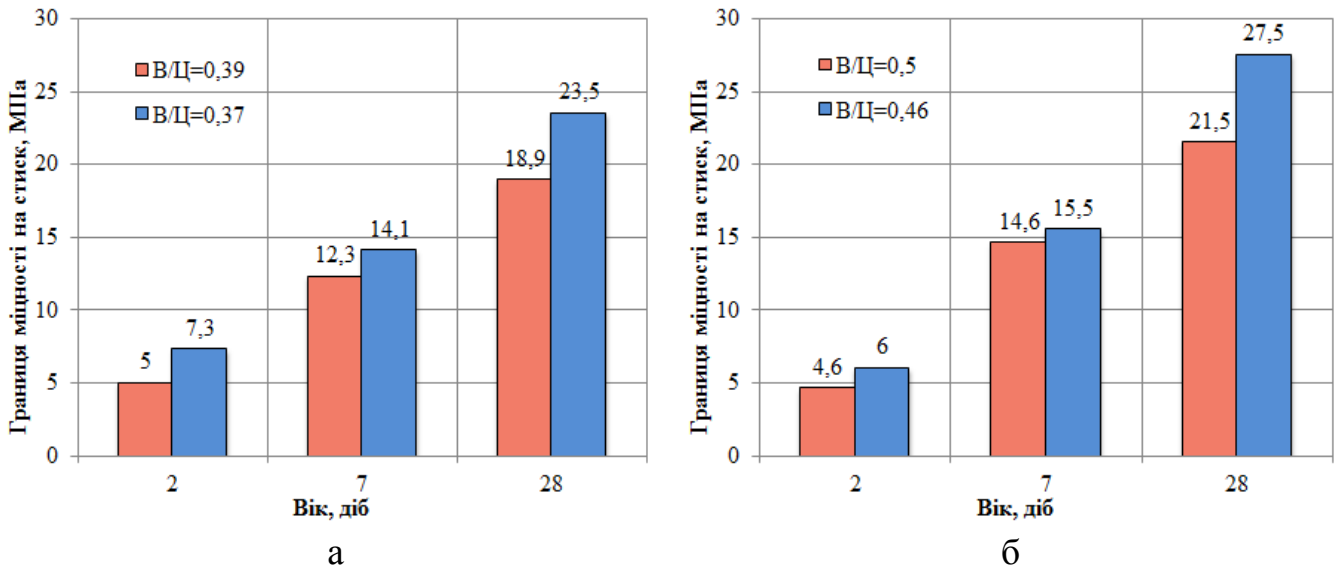


Рис. 4. Міцність на стиск декоративного цементу БЦБР 200 при випробуванні згідно з ДСТУ Б В.2.7-46:2010 (а) та EN 196 (б)

Згідно з даними кількісного рентгенофазового аналізу за методом внутрішнього стандарту (еталонна речовина ZnO), негідратований цемент БЦБР 200 характеризується вмістом клінкерних мінералів, мас. %: C_3S – 14,8; C_2S – 5,8; C_3A – 1,9; C_4AF – 0,5, а також кальцитом (29,2 мас. %), кварцом (6,8 мас. %) та гіпсом (4,8 мас. %), при цьому вміст аморфної фази складає 35,5 мас. %. В ранній

період тверднення формування мікроструктури каменю на основі БЦБР 200 визначає процес гідратації алітової фази білого портландцементу. Через 28 діб тверднення в такому цементному камені кількість мінералів C_3S і C_2S зменшується відповідно до 1,3 та 3,0 мас. %. Фазовий склад продуктів гідратації представлений еtringітом (9,8 мас. %), незначною кількістю портландиту (0,6 мас. %), вміст аморфної CSH фази складає 53,9 мас. %, а кількість кальциту і кварцу становить відповідно 23,6 та 5,5 мас. %. Ступінь гідратації алітової фази через 28 діб тверднення досягає 87,2%. Згідно даних термогравіметричного аналізу через 1 рік тверднення в цементному камені розрахункове значення кількості $CaCO_3$ становить 19,31 мас.%, при цьому ВПП складають 32,5 мас.%, з них вміст адсорбційної та кристалізаційної води - 20 мас. %.

Електронно-мікроскопічними дослідженнями встановлено, що для цементного каменю на основі БЦБР 200 характерна щільна структура, що утворена рентгеноаморфною CSH-фазою, армованою кристалами еtringіту, а також включеннями зерен кварцу та кальциту. Згідно даних мікрозондового рентгеноспектрального аналізу (рис. 5), у відкритій порі фіксуються поодинокі гексагональні пластинки портландиту в загальній масі фази CSH, а в міжпоровому просторі топохімічним способом кристалізується еtringіт у вигляді дрібних голкоподібних кристалів розміром 0,5-1,5 мкм, що сприяє синтезу міцності каменю за рахунок його ущільнення. Дрібнодисперсні зерна кварцу та кальциту в масі CSH-фази дозволяють зменшити деформації усадки декоративного в'язучого.

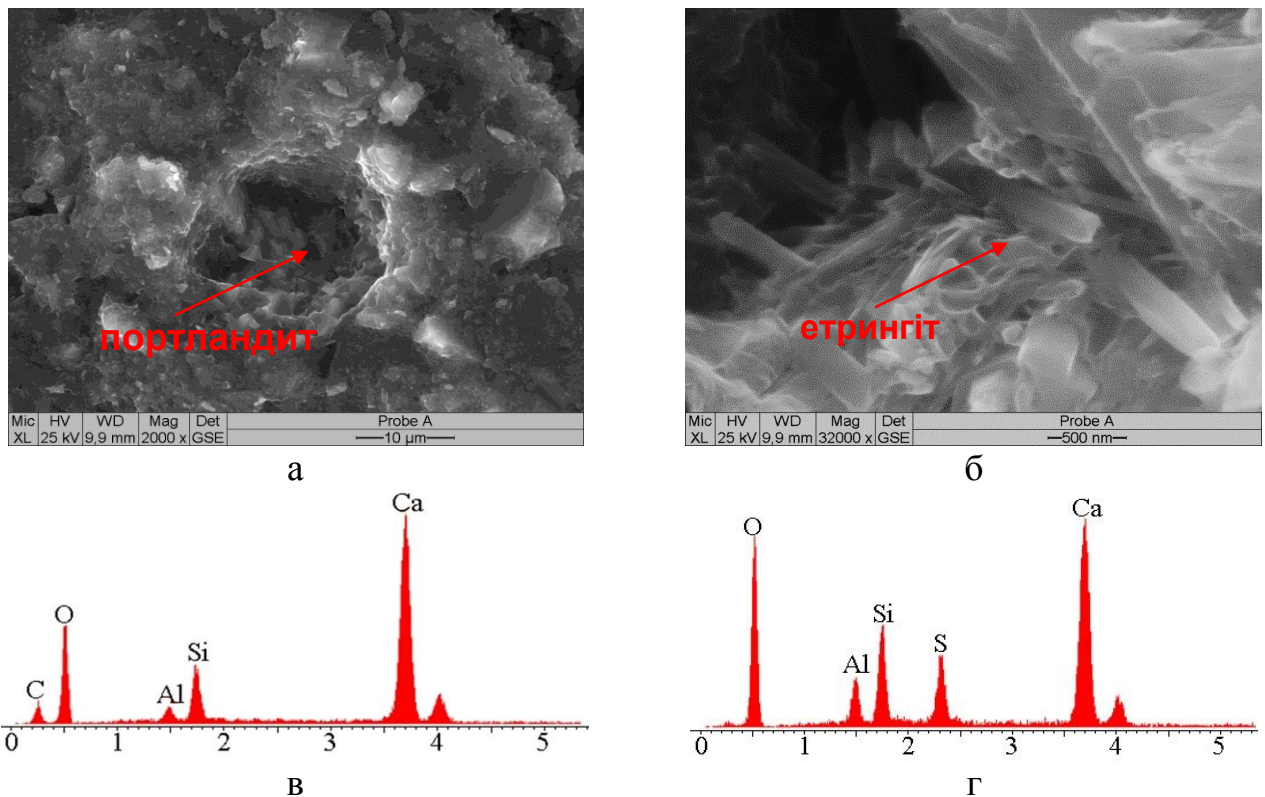


Рис 5. Мікроструктура (а, б) та спектри рентгенівського характеристичного випромінювання (в, г) каменю на основі БЦБР 200: а – пластинчаті кристали портландиту в порі; б – дрібнодисперсні кристали еtringіту в міжпоровому просторі

Таким чином, комплекс проведених досліджень дозволяє обґрунтувати можливість одержання декоративних багатокомпонентних цементів, які за своїм хімічним складом є максимально наближеними до романцементу за рахунок системного поєднання білого портландцементу, тонкодисперсних мінеральних добавок та наповнювачів, встановлено їх оптимальне співвідношення, що забезпечує направлене формування щільної мікроструктури цементного каменю підвищеної довговічності.

У четвертому розділі досліджено вплив різних груп кварцових пісків на формування мезоструктури модифікованих будівельних штукатурних розчинів, проведено проектування їх складів та визначено показники якості.

На формування мезоструктури та властивостей будівельних штукатурних розчинів у значній мірі впливає якість піску: крупність і зерновий склад, характер поверхні зерен, вміст пиловидних і глинистих часток. Для встановлення оптимального співвідношення дрібного заповнювача використано два види кварцових пісків з різним зерновим складом і модулем крупності (1,22 та 1,83). При змішуванні даних пісків у співвідношенні $M_{к1,83}:M_{к1,22}=50:50$ спостерігається рівномірний розподіл фракцій на ситах з розміром отворів 0,16 і 0,315 мм відповідно 44,67 та 42,08%. Експериментальними дослідженнями показано, що мінімальне значення пустотності досягається для суміші двох видів кварцових пісків з модулем крупності 1,83 та 1,22 при співвідношенні $M_{к1,83}:M_{к1,22}=80:20$.

Для визначення впливу параметрів розчинових сумішей на властивості модифікованих штукатурних розчинів виконано експериментальні дослідження у відповідності з планом двофакторного трирівневого експерименту. В якості змінних факторів вибрано витрату декоративного багатокомпонентного цементу БЦБР 200 ($X_1=100; 200; 300$ кг на 1 м^3 піску) та комплексного модифікатора пластифікуюче-повітровтягувальної дії СП+ПВ ($X_2=0; 1,0; 2,0$ мас.%) з використанням оптимального складу кварцового піску ($M_{к1,83}:M_{к1,22}=80:20$). За результатами отриманих експериментальних даних одержано рівняння регресії зміни показників міцності на стиск через 28 та 365 діб тверднення в кодованих змінних, що адекватні при 95% довірчій ймовірності:

$$Y_{Rc28}=5,900 + 3,850x_1 + 0,267x_2 - 0,050x_1x_2 - 0,700x_1^2 + 0,025x_2^2;$$

$$Y_{Rc365}=7,722 + 4,367x_1 + 1,200x_2 - 1,033x_1x_2 - 0,633x_1^2 + 0,500x_2^2;$$

На основі графічної інтерпретації отриманих математичних моделей запроєктовано ефективні склади будівельних штукатурних розчинів за критеріями середньої густини, міцності на стиск та вологості (рис. 6). Для модифікованого будівельного штукатурного розчину при середній густині розчинової суміші $\rho_{сер} = 1890 \text{ кг/м}^3$, проектна марка за міцністю М50 досягається при витраті 200 кг декоративного багатокомпонентного цементу БЦБР 200 на 1 м^3 піску та 1,0 мас.% комплексного модифікатора пластифікуюче-повітровтягувальної дії (КХД). Через 1 рік тверднення в нормальних умовах міцність модифікованого штукатурного розчину оптимального складу збільшується на 25% і становить 7,4 МПа.

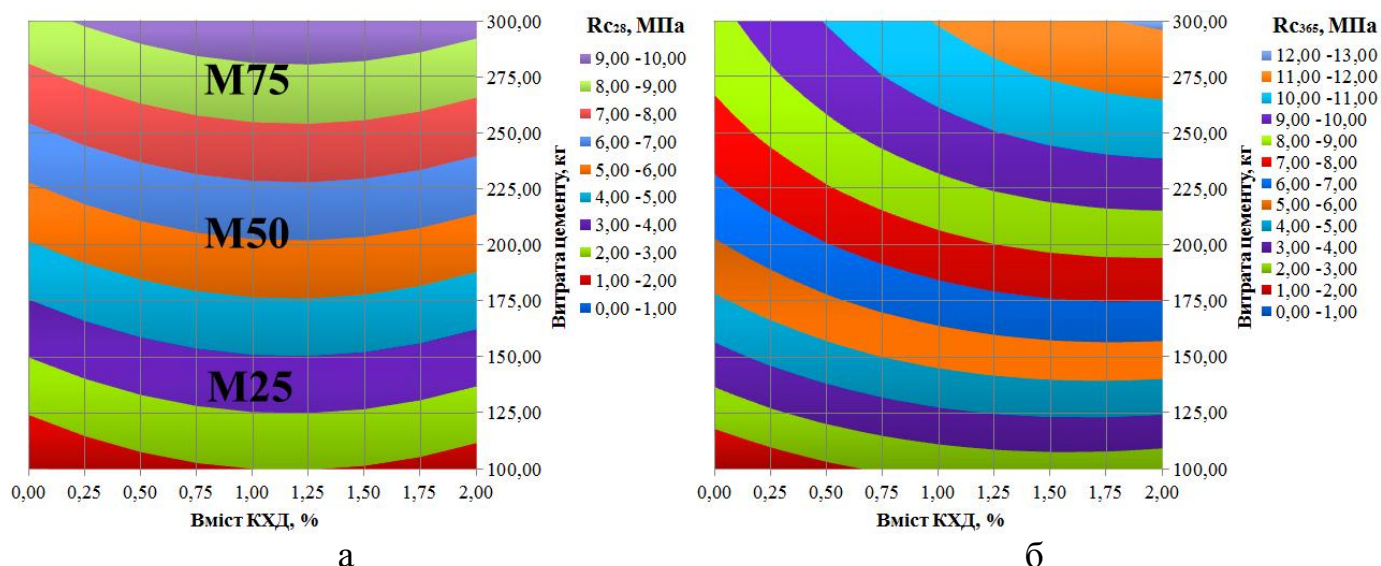


Рис. 6. Ізолінії міцності на стиск через 28 (а) і 365 (б) діб модифікованого штукатурного розчину

Для штукатурного розчину М50 на основі романцементу загальна пористість складає 41,8% (відкрита – 23,1%, закрита – 18,78%). В той же час, для модифікованого розчину загальна пористість зменшується до 38,0%, в тому числі відкрита - до 15,54% (рис. 7, а). Методом ртутної порометрії встановлено (рис. 7, б), що в модифікованому штукатурному розчині найбільший об'єм (0,16 $\text{см}^3/\text{г}$) займають пори розміром 0,4 мкм. Такі мікропори, зумовлені введенням добавок повітровтягувальної дії, виступають як демпфери напружень, перешкоджаючи поширенню тріщин у глибину твердого тіла та процесу руйнування матеріалу.

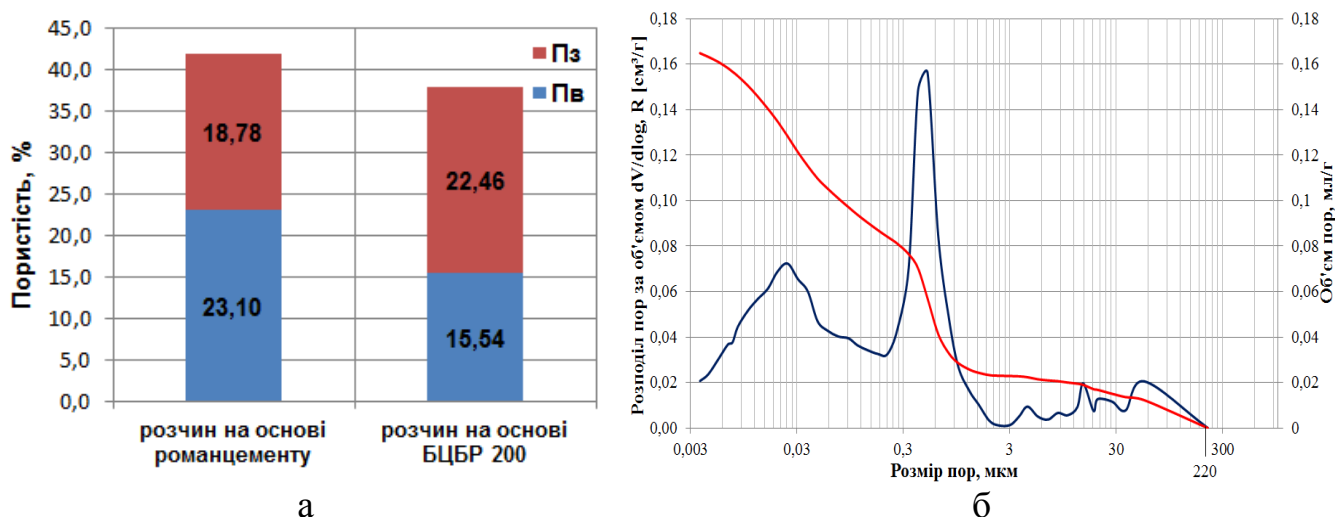


Рис. 7. Пористість штукатурних розчинів на основі романцементу і БСВР 200 (а) та розподіл пор за розмірами модифікованого штукатурного розчину на основі БСВР 200 (б) через 28 діб тверднення

Результати порівняльних досліджень показників якості штукатурних розчинів марки за рухомістю П12 на основі романцементу та декоративного багатокомпонентного цементу БСВР 200 наведені в табл. 2. Модифікований

будівельний штукатурний розчин на основі декоративного багатокомпонентного цементу БЦБР 200 марки за міцністю М50 характеризується середньою густиною 1890 кг/м^3 , водопоглинанням за масою $8,6\%$, пониженими деформаціями усадки ($0,41 \text{ мм/м}$), підвищеною міцністю зчеплення з основою ($0,58 \text{ МПа}$), корозійною стійкістю ($K_{C_p}=0,86$) та морозостійкістю (F50). Методом низькотемпературної дилатометрії показано, що температура початку замерзання рідкої фази модифікованого штукатурного розчину знижується від -2 до $-6 \text{ }^\circ\text{C}$, а деформації розширення за рахунок льодоутворення становлять $1,55\%$.

Таблиця 2

Показники якості штукатурних розчинів

| Найменування показника | Одиниці вимірювання | Значення показника | |
|---|---------------------|--------------------------------|------------------------|
| | | розчину на основі романцементу | модифікованого розчину |
| Відношення води і в'язучого за масою | $V:V_B$ | 1,0 | 1,2 |
| Рухомість розчинової суміші | см | 8,4 | 9,0 |
| Середня густина розчину, ρ | кг/м^3 | 1960 | 1890 |
| Вміст повітря у розчинової суміші в ущільненому стані | % | 5,2 | 9,5 |
| Водоутримувальна здатність, V | % | - | 96,8 |
| Розшаровуваність, Π | % | - | 5,2 |
| Терміни тужавіння розчинової суміші | год-хв | 0-15 0-30 | 5-30 6-40 |
| початку кінця | | | |
| Міцність на стиск, R_c | МПа | 5,5 | 6,0 |
| Міцність на розтяг при вигині, R_{tb} | МПа | 1,4 | 1,9 |
| Міцність зчеплення з основою, R_{bf} | МПа | 0,43 | 0,58 |
| Вологість, ω_m | % | 5,1 | 5,6 |
| Водопоглинання за масою, W_m | % | - | 8,6 |
| Пористість, Π | % | 41,8 | 38,0 |
| Усадка, ϵ_y | мм/м | 0,59 | 0,41 |
| Корозійна стійкість, K_{C_p} | - | 0,83 | 0,86 |
| Морозостійкість, F | цикли | 50 | 50 |
| Висолоутворення | - | немає | немає |

Використання декоративних багатокомпонентних цементів та добавок пластифікуюче-повітровтягуювальної дії забезпечує одержання легковкладальних розчинових сумішей для зовнішньої штукатурки, яка виконує функцію оздоблення, характеризується необхідною міцністю зчеплення з основою, достатнім

вологообміном між оштукатуреним будівельним елементом і зовнішнім середовищем.

У п'ятому розділі наведено результати промислового впровадження модифікованих розчинових сумішей на основі розроблених декоративних багатокомпонентних цементів для будівельних штукатурних розчинів.

Декоративні багатокомпонентні цементи для будівельних розчинів БЦБР виготовляються у відповідності з вимогами ДСТУ Б В.2.7-124-2004. На ТзОВ "Завод "Полімербудпром" проведено випуск дослідної партії декоративного багатокомпонентного цементу для будівельних розчинів БЦБР ТУ У 26.5-02071010-161:2012 в кількості 5 т і суху будівельну суміш модифіковану для штукатурення ЦІШТ1 ТУ У 26.6-02071010-162:2013 в кількості 21 т.

На ПП "Архітектурна майстерня "Ренесанс" проведено випуск легковкладальних розчинових сумішей на основі сухої будівельної суміші модифікованої для штукатурення ЦІШТ1 з проектною маркою за рухомістю П12 та міцністю на стиск М50 загальним об'ємом 12 м³. Розроблені розчинові суміші для штукатурних робіт використані при реставрації частин фасадів Палацу Любомирських та будинку №43 (пр. Свободи) у м. Львові. Ефективність від впровадження розробки з врахуванням вартості виробництва становить 102,29 грн на 1 м³ розчину. Фактичний економічний ефект при об'ємі виготовлення 12 м³ розчинової суміші складає 1,23 тис. грн.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дисертаційної роботи вирішено науково-прикладну проблему з розроблення декоративних багатокомпонентних цементів та створення будівельних штукатурних розчинів на їх основі за рахунок модифікування поліфункціональними добавками. Внаслідок проведених теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано наступне:

1. Теоретично обґрунтовано та експериментально доведено можливість одержання декоративних багатокомпонентних цементів, що за своїм хімічним складом є максимально наближеними до романцементу та розчинів на їх основі для штукатурення фасадів будівель, ефективність яких визначається покращенням експлуатаційних властивостей та довговічності. Це досягається за рахунок системного поєднання білого портландцементу, тонкодисперсних активних мінеральних добавок, наповнювачів та комплексних модифікаторів пластифікуюче-повітровтягувальної дії в цементуючій матриці розчину з утворенням однорідної, мінімально напруженої мікроструктури.

2. Виявлено особливості хіміко-мінералогічного складу романцементу і встановлено його вплив на процеси гідратації та тверднення. Висока дисперсність ($S_{\text{пит}}=800 \text{ м}^2/\text{кг}$) і поверхнева активність ($K_{\text{isa}}^{\text{макс}}=10 \text{ мкм}^{-1}$) романцементу призводять до зростання його водопотреби ($\text{НГТ}=0,40$). Підвищений вміст високореакційної алюмінатної фази (CA , C_{12}A_7) в романцементі визначає швидке тужавіння (початок і кінець відповідно 3 і 8 хв) та міцність на ранніх стадіях тверднення; приріст міцності з віком тверднення (активність через 28 діб становить 10...20 МПа)

досягається за рахунок гідратації білітової фази. Через 1 рік тверднення в романцементному камені можуть розвиватись магістральні тріщини внаслідок його деформацій усадки.

3. Запроектовано середній хімічний склад декоративних багатокомпонентних цементів (мас. %: CaO – 49,3; SiO₂ – 28,9; Al₂O₃ – 8,2; Fe₂O₃ – 2,75), що являються аналогами романцементу за хімічним складом та отримуються за рахунок системного поєднання білого портландцементу та мінеральних добавок різних типів. Підвищений вміст активних мінеральних добавок призводить до зростання водопотреби (0,44...0,52), сповільнення процесів раннього структуроутворення, при цьому гідравлічна активність складає 17,6...22,8 МПа. Максимум на диференційній кривій розподілу зерен відповідає розміру 34 мкм, а максимальне значення диференційного коефіцієнту поверхневої активності $K_{isa}^{max} = 5,0 \text{ мкм}^{-1} \text{ об. \%}$ досягається для фракції 0,6 мкм.

4. Пластифіковані декоративні багатокомпонентні цементні одержуються шляхом модифікування добавками пластифікуючої дії. За рахунок водоредукуючого ефекту забезпечується приріст ранньої міцності та досягається задана марка БЦБР (технічний ефект). При випробуванні згідно з EN 196 (В/Ц=0,50) пластифікуючий ефект складає $\Delta PK = 30,6\%$, а міцність через 28 діб підвищується на 14,5 %. Раціональний підбір активних мінеральних компонентів та наповнювачів з одночасним модифікуванням поверхнево-активними речовинами дає можливість одержати пластифіковані декоративні багатокомпонентні цементні для штукатурних розчинів типу БЦБР 200; 300; 350 ДСТУ Б В.2.7-124-2004.

5. Комплексом методів фізико-хімічного аналізу встановлено особливості впливу мінеральних добавок та модифікаторів на структуроутворення, мікроструктуру й міцність цементного каменю. Ступінь гідратації алітової фази через 28 діб складає 87,2%. Згідно з даними термогравіметричного аналізу розрахункове значення кількості CaCO₃ в камені становить 19,31 мас.%. Щільна структура гідратованої твердої фази забезпечується AF_t-фазами, кальцитом і кварцом в масі гелеподібної фази CSH. Взаємодія активного алюмінію оксиду з продуктом гідролізу алітової фази портландцементу - кальцію гідроксидом - сприяє формуванню в неклінкерній частині в'язучого топохімічним способом дрібних голкоподібних кристалів еtringіту, що армують цементний камінь і сприяють його ущільненню.

6. Досліджено вплив параметрів легковкладальних розчинових сумішей (марка за рухомістю П12) на властивості штукатурних будівельних розчинів. На основі графічної інтерпретації отриманих математичних моделей запроєктовано ефективні склади штукатурних розчинів за критеріями середньої густини, міцності на стиск та вологості. За критерієм міцності модифікованого штукатурного розчину з середньою густиною 1890 кг/м³ проектна марка М50 досягається при витраті 200 кг багатокомпонентного цементу БЦБР 200 на 1 м³ піску та 1,0 мас. % комплексного модифікатора СП+ПВ.

7. Встановлено, що модифіковані розчинові суміші на основі декоративних багатокомпонентних цементів характеризуються наступними показниками: марка за рухомістю П12 (осадка еталонного конуса 9 см), вміст повітря в ущільненому стані

– 9,5%, водоутримувальна здатність - 96,8%, розшаровуваність - 5,2%. Модифіковані будівельні штукатурні розчини проектної марки за міцністю на стиск М50 характеризуються середньою густиною 1800-1890 кг/м³, масовим водопоглинанням 8,4-8,6%, вологістю ($\omega_m=5,6\%$), підвищеною міцністю зчеплення з основою ($R_{bf}=0,58$ МПа), пониженою усадкою ($\epsilon_y=0,41$ мм/м), корозійною стійкістю ($KC_p=0,86$), морозостійкістю (F50) і атмосферостійкістю. Методом низькотемпературної дилатометрії встановлено, що температура початку замерзання рідкої фази модифікованого штукатурного розчину знижується від -2 до -6 °С, а деформації розширення зменшуються в 1,8 рази порівняно з розчином на основі романцементу і становлять 1,55%.

8. Проведено випуск дослідної партії розробленого декоративного багатокомпонентного цементу для будівельних розчинів БЦБР та суху будівельну суміш модифіковану для штукатурення Ц1ШТ1 на ТзОВ "Завод "Полімербудпром". Укладено ліцензійний договір з ТзОВ "Завод "Полімербудпром" на передачу патенту України № 82274 на корисну модель під назвою "Зв'язуюче". Розроблені розчинові суміші модифіковані комплексною добавкою пластифікуюче-повітровтягувальної дії використано ПП "Архітектурна майстерня "Ренесанс" при реставрації частини фасадів Палацу Любомирських та будинку №43 (пр. Свободи) у м. Львові. Фактичний економічний ефект при об'ємі виготовлення 12 м³ розчинової суміші складає 1,23 тис. грн.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У ПРАЦЯХ:

1. Саницький М.А. Високофункціональні будівельні розчини з добавками пластифікувально-повітровтягувальної дії / М.А. Саницький, Т.П. Кропивницька, Р.М. Котів // Теорія і практика будівництва. Вісник НУ "Львівська політехніка". – 2011. – № 697. – С. 220-224.

2. Котів Р.М. Дослідження існуючого складу декорів та ліпнини архітектурних пам'яток міста Львова / Р.М. Котів // Наук.-техн. зб. КНУБА "Містобудування та територіальне планування". – 2011. – № 40. - С. 511-518.

3. Романцемент для опоряджувальних робіт в будівництві / Г. Шельонг, М.А. Саницький, Т.П. Кропивницька, Р.М. Котів // Будівельні матеріали та вироби. - 2012. - № 1. – С. 7-12.

4. Котів Р.М. Багатокомпонентні цементні розчини для будівельних опоряджувальних розчинів / Р.М. Котів, Т.П. Кропивницька, М.А. Саницький // Теорія і практика будівництва. Вісник НУ "Львівська політехніка". – 2012. – № 742. – С. 111-116.

5. Комплексні модифікатори для високофункціональних будівельних розчинів / М.А. Саницький, Т.П. Кропивницька, Р.М. Котів, Т.А. Мазурак // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. - 2012. - С. 170-174.

6. Котів Р.М. Модифіковані штукатурні розчини на основі декоративних багатокомпонентних цементів / Р.М. Котів // Збірник наукових праць "Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди", Рівне. - Вип. 25. - 2013. - С. 84-89.

7. Kotiv R. Decorative multicomponent cements for finishing mortars / R. Kotiv, T. Kropyvnytska, M. Sanytsky // Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym. - Czestochowa, 2013. - № 1(11). - S. 66-73 (ISSN 2299-8535).

8. Пат. 82274 Україна, МПК С04В 7/00. Зв'язуюче / М.А. Саницький, Т.П. Кропивницька, Р.М. Котів. – № u201302071; заявл. 19.02.2013; опубл. 25.07.2013, Бюл. № 14.

9. Пат. 82596 Україна, МПК С04В 28/00. Будівельний розчин / Т.П. Кропивницька, М.А. Саницький, Р.М. Котів. – № u201303383; заявл. 19.03.2013; опубл. 12.08.2013, Бюл. № 15.

10. Саницький М.А. Будівельні розчини з комплексними модифікаторами повітровтягувальної дії для кам'яних кладок / М.А. Саницький, Т.П. Кропивницька, Р.М. Котів // XI Міжнар. наук.-практ. конф. "Дни современного бетона". - Запоріжжя: Будіндустрія ЛТД, 2010. – С. 97-102.

11. Котів Р.М. Особливості випробування, випуску і застосування романцементу при реставрації пам'яток архітектури / Р.М. Котів // III Міжнар. конф. ГАС. – Львів, 2010. – С. 104-105.

12. Kropyvnytska T. Masonry and finishing mortars with complex air entraining admixtures / T. Kropyvnytska, M. Sanytsky, R. Kotiv // XIII International Scientific Conference "Current issues of civil and environmental engineering". Book of abstracts. Rzeszow-Lviv-Kosice, 2011. – P.23.

13. Sanytsky M., Kropyvnytska T., Kotiv R. High-performance masonry and finishing mortars with complex air entraining admixtures / 18. Ibausil Internationale Baustofftagung. – Weimar (Germany), 2012. – Band 1. – P. 0543-0548.

АНОТАЦІЯ

Котів Р.М. Декоративні багатокомпонентні цементні та модифіковані будівельні штукатурні розчини на їх основі. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та виробли. Національний університет "Львівська політехніка" Міністерства освіти і науки України, Львів, 2013.

Дисертаційна робота присвячена питанням розроблення теоретичних основ одержання декоративних багатокомпонентних цементів, що за своїм хімічним складом є максимально наближеними до романцементу, для модифікованих будівельних штукатурних розчинів за рахунок системного поєднання клінкерної складової портландцементу, активних мінеральних добавок, наповнювачів та поліфункціональних модифікаторів. Встановлено фізико-хімічні особливості процесів гідратації декоративних багатокомпонентних цементів та виявлено кількісні залежності впливу мінеральних добавок на процеси структуроутворення, а також закономірності формування мікроструктури цементної матриці і мезоструктури штукатурних розчинів. Проведено оптимізацію складів модифікованих штукатурних розчинів на основі декоративних багатокомпонентних цементів та досліджено їх показники якості. Здійснено промислову апробацію

розроблених модифікованих штукатурних розчинів та розраховано економічну ефективність від їх використання.

Ключові слова: романцемент, декоративні багатокомпонентні цементы, мінеральні добавки, модифіковані будівельні штукатурні розчини, показники якості.

АННОТАЦІЯ

Котив Р.М. Декоративные многокомпонентные цементы и модифицированные строительные штукатурные растворы на их основе. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 - строительные материалы и изделия. Национальный университет "Львовская политехника" Министерства образования и науки Украины, Львов, 2013.

Диссертационная работа посвящена вопросам разработки принципов получения декоративных многокомпонентных цементов, которые по своему химическому составу являются максимально приближенными к романцементу. Исследовано влияние химико-минералогического состава романцемента на его структурообразование и физико-механические свойства. Высокореакционные фазы типа CA , $C_{12}A_7$ определяют быстрое твердение и прочность на ранних стадиях, а с возрастом твердения прирост прочности происходит за счет гидратации белитовой фазы. Установлено, что высокая дисперсность частиц романцемента приводит к значительной водопотребности вяжущего, что влияет на повышение пористости искусственного камня, образованию различного рода трещин и возможных отслоений штукатурок.

Разработаны декоративные многокомпонентные цементы за счет системного использования белого портландцемента, активных минеральных добавок, наполнителей светлых оттенков и полифункциональных модификаторов. Методом математического планирования эксперимента проведена оптимизация составов декоративных многокомпонентных цементов для строительных растворов типа БЦБР ДСТУ Б В 2.7-124-2004. Исследованы физико-механические свойства разработанных многокомпонентных цементов согласно ДСТУ Б В 2.7-187:2009 и EN 196. Установлены физико-химические особенности процессов их гидратации и выявлены количественные зависимости влияния минеральных добавок на процессы структурообразования. Методом растровой электронной микроскопии показано, что структура гидратированной твердой фазы CSH армируется кристаллами этtringита, а в открытой поре фиксируются единичные гексагональные пластинки портландита. Мелкодисперсные зерна кварца и кальцита в массе CSH -фазы способствуют снижению деформаций усадки декоративного вяжущего.

Исследовано влияние фракционного состава кварцевых песков на мезоструктуру и физико-механические свойства штукатурных растворов. Запроектированы составы штукатурных растворов на основе пластифицированных декоративных многокомпонентных цементов, что позволяет получить удобоукладываемые строительные растворные смеси средней плотностью 1800-1890

кг/м³, характеризующиеся высокой водоудерживающей способностью (96-97%). При этом обеспечивается проектная марка модифицированного штукатурного раствора по прочности на сжатие М50 с необходимыми показателями качества. Штукатурные растворы на основе многокомпонентных цементов характеризуются морозостойкостью F50, атмосферо- и коррозионной стойкостью, пониженными деформациями усадки.

Декоративные многокомпонентные цементы и воздухововлекающие добавки обеспечивают получение удобоукладываемых растворных смесей для наружной штукатурки, которая характеризуется необходимой прочностью сцепления с основанием, достаточным влагообменом между оштукатуренным строительным элементом и внешней средой.

На ЧП "Архитектурная мастерская" Ренессанс" проведен выпуск удобоукладываемых растворных смесей на основе модифицированной сухой строительной смеси для оштукатуривания Ц1ШГ1 подвижностью 10 см и маркой по прочности на сжатие М50, общим объемом 12 м³. Разработанные растворные смеси для штукатурных работ внедрены при реставрации Дворца Любомирских и дома № 43 (пр. Свободы) в г. Львове. Эффективность от внедрения разработки с учетом стоимости производства составляет 102,29 грн за 1 м³ раствора. Фактический экономический эффект при объеме производства 12 м³ растворной смеси составляет 1,23 тыс. грн.

Ключевые слова: романцемент, декоративные многокомпонентные цементы, минеральные добавки, модифицированные строительные штукатурные растворы, показатели качества.

ABSTRACT

Kotiv R.M. Decorative multicomponent cements and modified plasters on their basis. – On rights for a manuscript.

Thesis for candidate degree of engineering science in speciality 05.23.05 – building materials and products. Lviv Polytechnic National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2013.

The thesis is devoted to the development of theoretical foundations of obtaining of decorative multicomponent cements for modified plasters that are maximally close to Roman cement by their chemical composition due to a system combination of active mineral additives, fillers of bright colors and polyfunctional modifiers. Physical and chemical characteristics of hydration processes of decorative multicomponent cements are established and quantitative relationships influence of mineral additives on structure formation processes and regularities of plasters mesostructure and cement matrix microstructure formation were revealed. Optimization of composition of modified plasters based on decorative multicomponent cements was carried out and their parameters of quality were investigated. Industrial approbation of developed modified plasters was done and economic efficiency of their use was calculated.

Keywords: Roman cement, decorative multicomponent cements, modified plasters, air-entraining admixtures, parameters of quality.