

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Салія Медея Гурамівна

УДК 691.3: 666.9

**ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНЕ ПОКРИТТЯ НА ЦЕМЕНТНІЙ ОСНОВІ
ПІДВИЩЕНОЇ ТРІЩИНІСТІЙКОСТІ**

05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Костюк Тетяна Олександрівна, Харківський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри будівельних матеріалів і виробів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Шабанова Галина Миколаївна, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», головний науковий співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей;

кандидат технічних наук,
Халюшев Олександр Каюмович, Донбаська національна академія будівництва та архітектури, доцент кафедри технології будівельних конструкцій, виробів та матеріалів.

Захист відбудеться «13» грудня 2012 р. о 15³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.02 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, площа Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, площа Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий " " листопада 2012 р.

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

Г.Л. Ватуля

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Аналіз існуючих на сучасному ринку гідроізоляційних матеріалів підтвердив, що найбільш перспективними, з точки зору захисту бетонних і залізобетонних конструкцій від впливу водного середовища, є гідроізоляційні склади на цементній основі, що працюють за принципом інтегральних капілярних систем. Дані гідроізоляційні матеріали є більш ефективними для застосування як усередині будівель і споруд у вигляді штукатурних складів, так і для зовнішньої гідроізоляції. Однак, існуючі на ринку матеріали мають свої недоліки: – часто містять незбалансований склад хімічних добавок, що призводить до висолів на поверхні, а потім до розтріскування не тільки захисного шару, але й декоративного покриття. Такі покриття наносяться як штукатурні і їх товщина складає 3 мм і більше, що веде до великої витрати матеріалів. Тому розробка гідроізоляційного покриття на цементній основі з комплексною хімічною добавкою для підвищення тріщиностійкості, а також оптимізація його складу по введенню мінеральних тонкодисперсних наповнювачів при одночасному економічному обґрунтуванні є актуальним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в ХНУБА на кафедрі будівельних матеріалів і виробів у складі держбюджетних НДР Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України: № ДР 0109U000267 «Теоретичні основи створення нових композиційних матеріалів для будівництва з підвищеними показниками якості» (2009-2011 рр.) та № ДР 0112U000043 «Теоретичні основи створення високоміцного конструкційного мікрокомполімеру на основі цементної матриці» (2012-2014 рр.).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розробка складу сухої будівельної суміші на основі цементного в'язучого для одержання гідроізоляційного покриття підвищеної тріщиностійкості.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- зменшити капілярну пористість і підвищити гідрофізичні властивості гідроізоляційного складу шляхом введення тонкодисперсних наповнювачів;
- введенням добавки скляного волокна забезпечити ізотропне мікроармування для підвищення тріщиностійкості цементної матриці, а також сприяти ущільненню структури композиту за рахунок зростання на поверхні волокна кристалогідратів;
- теоретично обґрунтувати введення комплексної хімічної добавки для синтезу додаткових кристалогідратів, як в поровому просторі цементного каменю, так і на поверхні скловолокна, що дозволить підвищити гідрофізичні властивості гідроізоляційного складу;
- розробити склад сухої будівельної суміші для гідроізоляційного покриття підвищеної тріщиностійкості;
- провести фізико-механічні випробування отриманого складу, а також фізико-хімічні дослідження структури і продуктів гідратації затверділого гідроізоляційного матеріалу;

– виконати дослідно-промислову перевірку отриманих результатів, економічно обґрунтувати доцільність застосування розробленого гідроізоляційного складу підвищеної тріщиностійкості.

Об'єкт дослідження. Гідроізоляційне покриття на цементній основі підвищеної тріщиностійкості.

Предмет дослідження. Закономірності формування структури і дослідження властивостей гідроізоляційного покриття на цементній основі, що містить тонкодисперсні мінеральні та комплексну хімічну добавки.

Методи дослідження. Дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів проводилися згідно з нормативними документами ДСТУ - П Б В.2.7 - 126: 2006 «Суміші сухі будівельні модифіковані. Загальні технічні умови»; ДСТУ Б В.2.7 - 23 - 95 «Розчини будівельні. Загальні технічні умови»; ДСТУ Б В.2.7 - 214: 2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками».

Фізико-хімічні дослідження продуктів гідратації цементного каменю проводилися методами рентгенофазового та диференційно-термічного аналізів, а також за допомогою електронної мікроскопії.

Дослідження активних центрів поверхні дисперсних мінеральних добавок проводилися за допомогою спектрофотометра методом колірних індикаторів. Знак заряду поверхні досліджувався методом сепарації частинок в електростатичному полі і розраховувався за методиками А.М. Пługіна і А.А. Пługіна. У роботі були використані методики Л.І. Дворкіна для випробувань будівельних матеріалів гідротехнічних споруд, зокрема тріщиностійкості, а також чисельні методи рішення будівельно-технологічних задач за допомогою комп'ютерних технологій за методикою В.А. Вознесенського. Побудова графічних моделей здійснювалась за допомогою програмного комплексу «Statistica 6.0».

Наукова новизна результатів досліджень полягає в наступному.

Вперше:

– встановлено залежність гідрофізичних властивостей гідроізоляційного складу на цементній основі підвищеної тріщиностійкості від електроповерхневих властивостей тонкодисперсних мінеральних добавок карбонату кальцію і скляного волокна (скломікрофібра);

– розраховано величину рівноважного електроповерхневого потенціалу для скловолокна $\psi_{\text{сп}}^p = -0,742\text{В}$, що підтверджено результатами досліджень;

– розроблено уявлення про механізм ущільнення цементного каменю шляхом синтезу кристалогідратів з позитивним знаком електроповерхневого потенціалу (гідрокарбоалюмінати кальцію, гідронітроалюмінати кальцію, гідрохлоралюмінати кальцію і кальцит) на поверхні скловолокна; при цьому обсяг сформованої фази на 28 добу твердіння перевищує об'єм скловолокна більш ніж в 3 рази;

– розраховано і експериментально підтверджено, що комплексна хімічна добавка, що включає карбонат натрію, нітрат натрію, хлорид кальцію та гідроксид кальцію, сприяє синтезу додаткових кристалогідратів з позитивним електроповерхневим потенціалом.

Отримали подальший розвиток:

- уявлення щодо взаємозв'язку між кристалоенергетичними характеристиками речовин (енергетична стабільність ω) та їх фізико-механічними характеристиками, в тому числі тріщиностійкістю;

- уявлення щодо залежності фізико-механічних властивостей затверділого гідроізоляційного складу, в тому числі і тріщиностійкості, від виду та кількості введених компонентів: комплексної хімічної добавки, карбонатного заповнювача, скломікрофібри;

- числові методи досліджень, які дозволили встановити, що вміст добавки скловолокна в межах від 0,02 % до 0,5 % від маси цементу, не впливає на межу міцності при стиску $R_{ст}$ затверділого складу.

Практичне значення результатів досліджень полягає в наступному:

- розроблено оптимальний склад сухої будівельної суміші для гідроізоляційного покриття підвищеної тріщиностійкості, що дозволило виконувати зовнішню і внутрішню гідроізоляцію приміщень прийомами малярних робіт; економічний ефект від застосування розробленого складу, в порівнянні з відомими, досягається за рахунок зменшення товщини шару в 2 рази і становить 15,33 грн/м²;

- розроблено технологічну схему виробництва і випущено дослідно-промислово партію сухої будівельної суміші для гідроізоляційного покриття на підприємстві ТОВ «Віа-Телос», м. Харків;

- суха будівельна суміш була використана для забезпечення гідроізоляції приміщень житлових будинків в м. Харкові за адресами: Омський в'їзд 1А, 45 та вул. Камська, 6.

Особистий внесок здобувача полягає в наступному:

- вивченні стану проблеми отримання сучасних гідроізоляційних матеріалів на цементній основі [1, 3, 4, 6];

- теоретичному обґрунтуванні підвищення тріщиностійкості гідроізоляційних матеріалів на основі цементу за рахунок тонкодисперсних мінеральних наповнювачів і комплексної хімічної добавки [2, 5, 7, 9];

- вивченні фізико-механічних та гідроізоляційних властивостей розробленого складу [8];

- аналізі результатів петрографічних, термічних і рентгенографічних досліджень складу і структури продуктів гідратації [10];

- розробці технологічної схеми отримання гідроізоляційної сухої будівельної суміші підвищеної тріщиностійкості, впровадженні у виробництво і застосуванні в реальних умовах дослідно-промислової партії.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідались на 65-67-й науково-технічних конференціях Харківського національного університету будівництва та архітектури в 2010-2012 рр.; Всеукраїнській науково-практичній конференції «Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві і реконструкції будівель і споруд», м. Харків (20-21 квітня 2010 р.); 3-й Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті», м. Харків (12-13 квітня 2011 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Промислове та цивільне будівництво в сучасних умовах», м. Москва (19-20 квітня 2011 р., заочна форма участі з публікацією статті у

збірнику праць); XIX Міжнародній науково-технічній конференції «Теорія і практика процесів подрібнення, розділення, змішування та ущільнення матеріалів», м. Одеса, с. Затока, (22-27 серпня 2011 р., заочна форма участі з публікацією статті у збірнику праць); VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Науковий простір Європи - 2012», м. Пшемішль, Польща (7-15 квітня 2012 р., заочна форма участі); VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Ключові питання сучасної науки - 2012», м. Софія, Болгарія (17-25 квітня 2012 р., заочна форма участі).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 12 друкованих праць, з яких 1 – за матеріалами конференції, 9 - у виданнях, рекомендованих Департаментом атестації кадрів Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, та 2 патенти України.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку літератури з 154 найменувань і додатків. Робота викладена на 152 сторінках основного тексту, містить 63 рисунка і 34 таблиці, 12 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульована мета і задачі досліджень, визначено об'єкт і предмет досліджень, наукова новизна і практичне значення отриманих результатів.

У **першому розділі** наведено критичний аналіз літературних джерел за видами і властивостями гідроізоляційних матеріалів. Питанню довговічності будівельних конструкцій, будівель і споруд приділяється першорядне значення, так, за статистичними оцінками від 15 до 75 % конструкцій будівель і споруд різного призначення піддаються впливу агресивних середовищ, а від 5 до 10 % будівельних конструкцій щорічно виходять з ладу. Враховуючи старіння основних фондів країни, цей процес буде прогресувати.

Вирішенням проблем, пов'язаних з питаннями забезпечення ефективного захисту конструкцій з бетону на весь період їх експлуатації, почали займатися ще в 30-ті роки минулого сторіччя під керівництвом В.М. Москвіна. Розвитку наукових основ захисту бетону від корозії присвятили свої роботи Б.В. Гусев, В.Ф. Степанова, В.І. Бабушкін, А.С. Файвусовіч, Н.К. Розенталь, Ф.М. Іванов, А.М. Пługін, А.А. Пługін, В.Л. Чернявський.

За останні 15-20 років з'явилася велика кількість нових вітчизняних і зарубіжних матеріалів, в тому числі гідроізоляційних складів на цементній основі, що працюють за принципом інтегрально-капілярної (проникаючої) дії. Розробкою і вивченням таких складів в нашій країні займалися В.І. Бабушкін, Р.Ф. Рунова, А.А. Пługін, О.В. Кондращенко, Т.О. Костюк. Однак, як і всі цементні системи, під впливом усадочних, динамічних напружень, гідроізоляційні покриття можуть розтріскуватися, знижуючи свої захисні і технологічні функції.

Вивченню впливу на структуру і властивості цементного каменю і бетону, в тому числі і на тріщиностійкість, тонкодисперсних добавок присвячено велика кількість робіт в нашій країні і за кордоном. Питаннями ефективного використання

мікронаповнювачів в бетони займалися такі вчені як В.С. Рамачандран, Ю.М. Баженов, П.Г. Комохов, І.Ш. Карімов, В.К. Власов, С.С. Капрієлов, О.Г. Ольгінський, В.І. Бабушкін, А.А. Плугін, Ж.А. Ларбі, Ж.М. Біжен, В.А. Вировий, В.І. Соломатов.

Особливістю отримання гідроізоляційних матеріалів на цементній основі є те, що такі системи повинні створювати дуже щільне і водонепроникне покриття і, одночасно, бути стійким до утворення тріщин. У зв'язку з цим виникає необхідність вдосконалення існуючих або розвитку нових уявлень про процеси гідратації цементу в присутності хімічних і тонкодисперсних мінеральних добавок, з урахуванням їх електроповерхневих властивостей і мінералогічного складу продуктів гідратації.

Для вирішення поставлених завдань сформульована наукова гіпотеза. Підвищити тріщиностійкість покриттів на цементній основі можливо за рахунок введення скляного мікрОВОлокна, яке забезпечить ізотропне мікроармування цементної системи і слугуватиме підкладкою для синтезу кристалогідратів з позитивним знаком поверхневого заряду: гідроалюмінатів кальцію, гідрохлоралюмінатів кальцію, гідронітроалюмінатів кальцію, еттрінгіта, кальциту. Додатковий синтез кристалогідратів дозволить не тільки підвищити ізотропне армування структури, але приведе до самоущільнення цементного каменю, що збільшить водонепроникність і тріщиностійкість цементного покриття.

У **другому розділі** наведені характеристики матеріалів і методи досліджень, які були використані в роботі.

Фізико-механічні випробування отриманих зразків проводили за стандартними методиками. Водонепроникність і морозостійкість сформованого шару покриття визначали за допомогою приладу АГАМА-2РМ за ГОСТ 12730.5-84 «Бетони. Методи визначення водонепроникності». Визначення електроповерхневих властивостей компонентів сухої суміші, зокрема скловолокна, проводили двома незалежними способами – розрахунково-експериментальним і експериментальним способом визначення рівноважного електроповерхневого заряду порошкоподібних речовин шляхом сепарації у високовольтному електричному полі. Концентрацію активних центрів компонентів визначали за допомогою спектрофотометра методом колірних індикаторів. Фізико-хімічні дослідження продуктів гідратації цементного каменю і зразків гідроізоляційного покриття проводили за допомогою рентгенофазового, диференційно-термічного та електронно-мікроскопічного аналізів. Оптимізацію складу суміші для гідроізоляційного покриття проводили за допомогою експериментально-статистичних моделей. Графічну побудову моделей робили за допомогою програмного комплексу «Statistica 6.0».

У **третьому розділі** наведено теоретичне обґрунтування складу гідроізоляційного покриття на цементній основі підвищеної тріщиностійкості. З цієї метою були проаналізовані можливі причини усадки бетону в період його твердіння. В результаті отриманих узагальнених даних встановлено – чим інтенсивніше процеси гідратації в гідроізоляційному покритті і чим більше кристалогідратів утворюється в більш ранні терміни твердіння, тим раніше буде чинитися опір всебічному стиску в ньому, що викликано капілярним тиском в

порах. Це, в свою чергу, підвищує тріщиностійкість покриття і міцність його зчеплення зі «старим» бетоном.

Усадка гідроізоляційного складу аналогічна усадці бетону і суттєво залежить від виду та кількості заповнювачів, так як в умовах квазістатичної сушки наявність заповнювача перешкоджає вільній усадці цементного каменю. Тобто, чим більше заповнювача в бетоні, тим менше його усадка. При цьому слід враховувати і властивості заповнювача, а саме модуль пружності. При цьому величина деформації бетону знаходиться в зворотній залежності від величини модуля пружності заповнювача. Використовуючи кристалоенергетичні характеристики мінералів, застосовуваних як мінеральні добавки, в роботі була зроблена спроба обґрунтувати властивості структури затверділого гідроізоляційного покриття. Був розрахований структурно-хімічний показник енергетичної стабільності ω (см³/г-ат) для деяких видів кристалічних речовин. Параметр ω побічно характеризує енергію міжатомної взаємодії мінеральної речовини, а точніше - ущільнення, контракцію (стиск) атомів, що складають цю речовину, завдяки ефекту хімічного зв'язку. Були розраховані кількісно-прогнозні оцінки фізичних властивостей гідроізоляційного покриття в залежності від показника ω тонкодисперсного наповнювача. Аналіз отриманих результатів показав що, енергетично більш стабільні кристали підвищують такі фізико-механічні характеристики як тріщиностійкість, модуль Юнга і знижують таку характеристику як коефіцієнт лінійного розширення, що було враховано при виборі тонкодисперсних добавок (карбонат кальцію, скловолокно).

Таким чином, використовуючи різні види наповнювачів, можна моделювати властивості штучно створюваних кам'яноподібних композитів (бетону, розчину). З даних розрахунків можна також зробити висновок, що найбільш оптимальним мікронаповнювачем, що знижує тріщиностійкість бетону буде доломіт, портландит, а гіпс, що має низький коефіцієнт тріщиностійкості, є небажаним. Крім того, створюючи умови для додаткового синтезу в поровому просторі цементного каменю кристалогідратів у вигляді, наприклад, кальциту, гідрокарбоалюмінатів кальцію, у яких ω менше, ніж у гідросилікатів кальцію, можна підвищити тріщиностійкість, модуль пружності цементного каменю. Тому, в дослідженнях, було обрано матеріали за хімічним складом ідентичні кальциту: вапняк природний, крейда природна, доломіт, відходи очистки і пом'якшення води Харківської ТЕЦ-5, що містять у своєму складі тонкомелений карбонат кальцію з розміром частинок від 2 до 100 мкм.

Визначення електроповерхневих властивостей мінеральних добавок проводили в електростатичному полі, а концентрацію активних центрів на їх поверхні визначали за табл. 1 і табл. 2.

Таблиця 1

Результати сепарації тонкодисперсних наповнювачів в електростатичному полі

| № з/п | Вид добавок | Сумарний знак заряду поверхні |
|-------|------------------|-------------------------------|
| 1 | Вапняк природний | Переважно електронеутральний |

| | | |
|---|--|---------------------------------|
| 2 | Доломіт | Переважно електронейтральний |
| 3 | Відходи пом'якшення води ТЕЦ-5 ($CaCO_3$) №1 | Переважно електронейтральний |
| 4 | Відходи пом'якшення води ТЕЦ-5 ($CaCO_3$) №2 | Переважно електронейтральний |

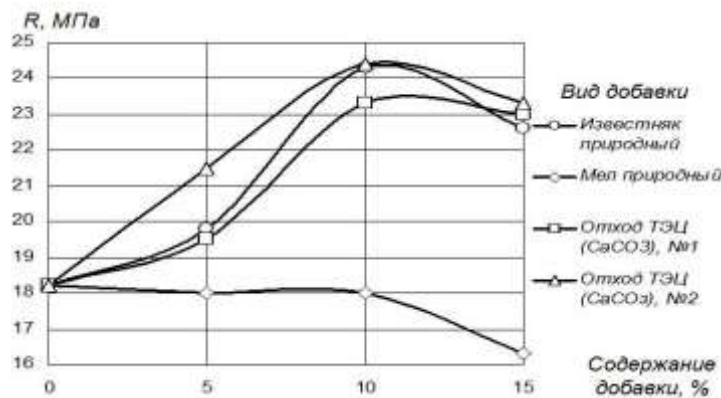
Таблиця 2

Концентрація активних центрів на поверхні заповнювачів і цементу

| Досліджуваний матеріал | Концентрація активних центрів, Q , ($1/m^2$), індикаторів з рК _a : | | | | | | | | |
|---|---|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Питомаповерхня, m^2/g | -4,40 | -0,29 | +1,30 | +3,46 | +5,00 | +8,00 | +10,5 | +12,8 |
| Кварцовий пісок | 0,006 | $3,11 \cdot 10^{18}$ | $1,41 \cdot 10^{18}$ | $2,01 \cdot 10^{17}$ | $3,91 \cdot 10^{18}$ | - | $2,51 \cdot 10^{18}$ | $6,62 \cdot 10^{18}$ | $1,41 \cdot 10^{19}$ |
| Портландцемент | 0,315 | - | $1,30 \cdot 10^{16}$ | - | $9,00 \cdot 10^{16}$ | - | - | - | $1,00 \cdot 10^{18}$ |
| Доломіт | 0,180 | - | $4,06 \cdot 10^{22}$ | $2,13 \cdot 10^{21}$ | - | $1,11 \cdot 10^{22}$ | $2,45 \cdot 10^{22}$ | - | $2,32 \cdot 10^{22}$ |
| Відходи пом'якшення води ТЕЦ-5 ($CaCO_3$) | №1 | 0,390 | - | $7,53 \cdot 10^{20}$ | $4,27 \cdot 10^{21}$ | - | $1,34 \cdot 10^{21}$ | $2,97 \cdot 10^{22}$ | $3,58 \cdot 10^{21}$ |
| | №2 | 0,031 | - | $2,03 \cdot 10^{21}$ | $1,64 \cdot 10^{21}$ | - | $1,33 \cdot 10^{21}$ | $2,04 \cdot 10^{23}$ | $3,06 \cdot 10^{23}$ |
| АЦ (за Нечипоренком) | | Льюїсовські основні | | Бренстедовські кислотні | | Бренстедовські основні | | | |
| Тип АЦ (знак заряду) | | Кислі (+) | Помірно-кислі (+) | | Слабо-кислі (-) | | Основні (-) | | |

Із табл.1 видно, що досліджені мінеральні добавки мають електронейтральний заряд поверхні, тоді як у доломіті, відходах $CaCO_3$ (табл. 2) відзначається підвищений вміст бренстедовських кислотних активних центрів, що сприяють інтенсифікації гідратаційних процесів, а отже, і підвищенню щільності, міцності, корозійної стійкості, водонепроникності, морозостійкості цементних складів. З досліджуваними карбонатними добавками були виготовлені зразки цементного каменю. Результати міцності зразків з різними добавками представлені на рис. 1 і табл. 3.

а)



б)

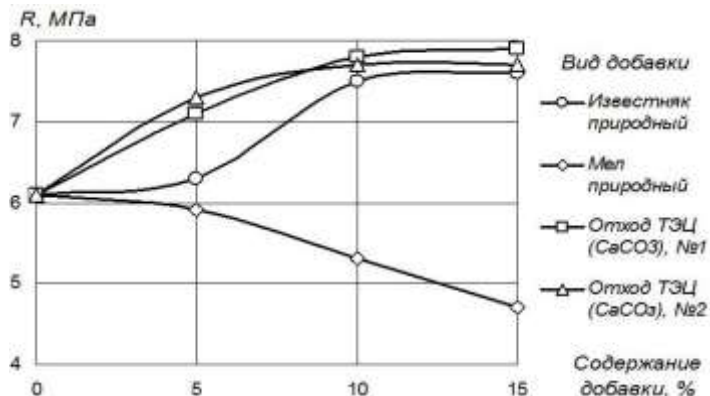


Рис. 1. Залежність міцності затверділої суміші R від вмісту добавки, %:

a – міцність на стиск; b – міцність на згин

Таблиця 3

Залежність міцності і усадки (утворення усадочних тріщин) затверділої суміші від вмісту мінеральної добавки

| Вид добавки | Зміст добавок, % | Межа міцності на 28 добу, МПа | | Утворення усадочних тріщин |
|---------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------|-------------------------------|
| | | при стиску | при згині | |
| Вапняк природний | 0 | 18,2 | 6,1 | Волосяні тріщини |
| | 5 | 19,8 | 6,3 | « |
| | 10 | 24,3 | 7,5 | Не утворюються |
| | 15 | 22,6 | 7,6 | « |
| Крейда природна | 0 | 18,2 | 6,1 | Волосяні тріщини |
| | 5 | 18 | 5,9 | « |
| | 10 | 18 | 5,3 | « |
| | 15 | 16,3 | 4,7 | Не утворюються |
| Відходи ТЕЦ ($CaCO_3$), №1 | 0 | 18,2 | 6,1 | Волосяні тріщини |
| | 5 | 19,5 | 7,1 | Не утворюються |
| | 10 | 23,3 | 7,8 | « |
| | 15 | 23 | 7,9 | « |
| Відходи ТЕЦ ($CaCO_3$), №2 | 0 | 18,2 | 6,1 | Волосяні тріщини |
| | 5 | 21,5 | 7,3 | Не утворюються |
| | 10 | 24,4 | 7,7 | « |
| | 15 | 23,3 | 7,7 | « |

З табл. 3 і рис. 1 видно, що введення мінеральної добавки вапняку і відходів очищення води ($CaCO_3$) призводить до підвищення міцності при стиску затверділої суміші, причому максимальне підвищення на 28-34 % відзначається при введенні близько 10 % добавки, а також до підвищення міцності при згині (тріщиностійкості), причому максимальне підвищення на 24-30 % відзначається при введенні 10-15 % добавки. Введення мінеральної добавки вапняку і відходів очищення води ($CaCO_3$) забезпечує також зниження усадки затверділої суміші – усадочні тріщини не утворюються при введенні вапняку 10 % і більше, а відходів очищення води – 5 % і більше.

Хімічні добавки у вигляді розчинних у воді сполук дозволяють найбільш простим способом підвищувати щільність цементного каменю шляхом синтезу додаткових кристалогідратів. Хімічні добавки солей електролітів $CaCl_2$, $Ca(NO_3)_2$, Na_2CO_3 , а також інших складових суміші для отримання гідроізоляційного покриття можуть ініціювати в системі вода, цемент, кварцовий пісок і скловолокно синтез кристалогідратів кальцію в поровому просторі і на поверхні скловолокна.

Були проаналізовані можливі реакції взаємодії з C_3A і $Ca(OH)_2$ цих добавок, а також мінеральних добавок кальциту і гіпсу (в цементі):

- 1) $Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaOH$;
- 2) $C_3A + Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 + 10H_2O = C_3A \times CaCO_3 \times 10H_2O + 2NaOH$;
- 3) $Ca(OH)_2 + K_2CO_3 = CaCO_3 + 2KOH$;
- 4) $C_3A + Ca(OH)_2 + K_2CO_3 + 10H_2O = C_3A \times CaCO_3 \times 10H_2O + 2KOH$;
- 5) $Ca(OH)_2 + Na_2SO_4 + 2H_2O = CaSO_4 \times 2H_2O + 2NaOH$;
- 6) $C_3A + Ca(OH)_2 + Na_2SO_4 + 12H_2O = C_3A \times CaSO_4 \times 12H_2O + 2NaOH$;

- 7) $C_3A + 3Ca(OH)_2 + 3Na_2SO_4 + 32H_2O = C_3A \times 3CaSO_4 \times 32H_2O + 6NaOH$;
 8) $C_3A + Ca(OH)_2 + NaNO_3 + 10H_2O = C_3A \times NaNO_3 \times 10H_2O + 2NaOH$;
 9) $C_3A + CaCl_2 + 10H_2O = C_3A \times CaCl_2 \times 10H_2O$;
 10) $C_3A + Ca(NO_3)_2 + 10H_2O = C_3A \times Ca(NO_3)_2 \times 10H_2O$.
 11) $C_3A + CaSO_4 \times 2H_2O + 10H_2O = C_3A \times CaSO_4 \times 12H_2O$;
 12) $C_3A + 3CaSO_4 \times 2H_2O + 26H_2O = C_3A \times 3CaSO_4 \times 32H_2O$;
 13) $C_3A + CaCO_3 + 11H_2O = C_3A \times CaCO_3 \times 11H_2O$;
 14) $C_3A + 3CaCO_3 + 30H_2O = C_3A \times 3CaCO_3 \times 30H_2O$.

Аналіз реакцій 1-8 показав, що в складі їх продуктів є луѓи, які залишаються в розчині, а це не сприяє підвищенню водонепроникності. Продуктами реакцій 9 - 14 є тільки кристалогідрати, що зв'язують значну кількість води, тобто добавки $CaCl_2$, $Ca(NO_3)_2$, $CaCO_3$ сприятимуть підвищенню водонепроникності.

Був виконаний аналіз вільної енергії Гіббса реакцій 9-14, використовуючи для 9, 10 та 14 залежність $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$:

- 9) $\Delta G = 1723,95 - (243,40 \times 298) = -70809,25$ кал/моль = $-70,80925$ ккал/моль;
 10) $\Delta G = 1758,43 - (262,4 \times 298) = -76436,77$ кал/моль = $-76,43677$ ккал/моль;
 11) $\Delta G = -1859,14 - (-806,4 - 429,6 - 56,687 \times 10) = -56,27$ ккал/моль;
 12) $\Delta G = -3634,26 - (-806,4 - 429,6 \times 3 - 56,687 \times 26) = -65,198$ ккал/моль;
 13) $\Delta G = -1743,6 - (-806,4 - 269,78 - 56,687 \times 11) = -43,863$ ккал/моль;
 14) $\Delta G = 3902,43 - (650,42 \times 298) = -189,92273$ ккал/моль.

Як видно з реакцій (9-14), значення вільної енергії Гіббса всіх реакцій є негативними, що підтверджує можливість їх протікання. З урахуванням того, що вільна енергія Гіббса всіх реакцій припадає на 1 моль C_3A , її абсолютний розмір може характеризувати перевагу реакцій. З C_3A в першу чергу, ймовірно, будуть взаємодіяти добавки $CaCO_3$, $Ca(NO_3)_2$ та $CaCl_2$ з утворенням, відповідно, гідрокарбоалюміната кальцію $C_3A \times 3CaCO_3 \times 30H_2O$, гідронітроалюміната кальцію $C_3A \times Ca(NO_3)_2 \times 10H_2O$ і гідрохлоралюміната кальцію $C_3A \times CaCl_2 \times 10H_2O$, потім – гіпс цементу з утворенням еттрінгіту $C_3A \times 3CaSO_4 \times 32H_2O$, що і зумовить формування навколо скловолокна продуктів гідратації таким чином, як показано на рис. 2.

Скловолокно, будучи підкладкою для утворення продуктів гідратації, забезпечує своєрідне ізотропне мікроармування цементного каменю, його просторової структури, навіть при розчиненні скловолокна в лужному середовищі (рис. 3), що забезпечує запобігання усадки і збереженню високих показників міцності, тріщиностійкості, водонепроникності.

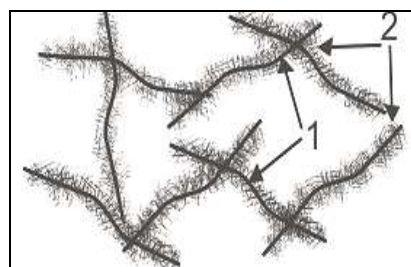


Рис. 2. Схема структури цементного композиту: 1 – скловолокно ізотропно

розташоване в композиті; 2 – продукти гідратації

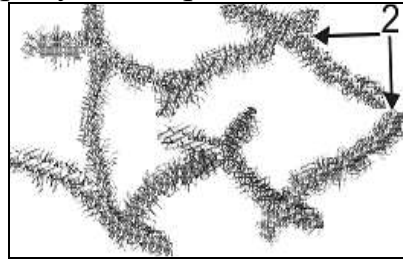


Рис. 3. Схема структури цементного композиту: 2 – продукти гідратації сформовані навколо скловолокна

Дослідження, проведені в роботі, показали, що скловолокно має негативний знак заряду поверхні, тому служить підкладкою для формування кристалів кальциту і гідроалюмінатів кальцію, що мають позитивний знак заряду поверхні (рис. 4).

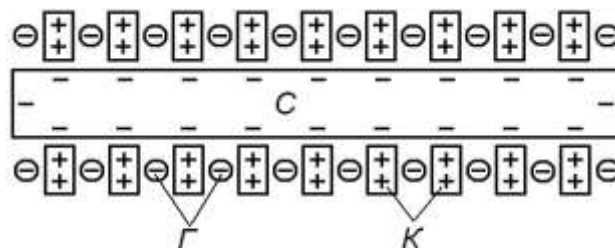


Рис. 4. Схема структури розташування продуктів гідратації цементу навколо скловолокна: С – скловолокно; К – кристалогідрати портландита, гідроалюмінатів і гідросульфалюмінатів кальцію; Г – частинки гідросілікатного гелю

Поверхневий заряд скловолокна визначений, виходячи з його середнього стехіометричного складу $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$ і електроповерхневого потенціалу простих речовин, з яких він складається, за методикою А.М. Пługіна:

абсолютний електроповерхневий потенціал:

$$\psi_{en}^0 = -0,034\text{В};$$

рівноважний електроповерхневий потенціал при $pH = 12$ (порового електроліту цементного каменю):

$$\psi_{en}^p = \psi_{en}^0 - 0,059pH = -0,742\text{В}.$$

Таким чином, визначено, що скловолокно має негативний поверхневий потенціал $\psi_{en}^p = -0,742\text{В}$ і може бути, в середовищі цементного каменю, підкладкою для кристалізації продуктів гідратації з позитивним поверхневим зарядом, що відповідає схемам на рис. 2 і рис. 4. Додавкa дисперсного кальциту, що має переважно позитивний знак заряду поверхні, сприяє створенню електрогетерогенних взаємодій в контактній зоні між цементом, дисперсною добавкою, кварцовим заповнювачем і скловолокном, що в свою чергу зміцнює контактну зону і створює можливість найбільш повного зрощення кристалів гідратних новоутворень з кальцитом і з кварцом.

У четвертому розділі методом математичного планування експерименту, підібрано оптимальний вміст тонкодисперсних добавок, експериментально підтвержені результати теоретичних досліджень і визначені фізико-механічні

характеристики гідроізоляційного покриття на цементній основі підвищеної тріщиностійкості.

При плануванні експерименту за допомогою експериментально-статистичної моделі в якості параметрів, що оптимізуються, було взято межу міцності при стиску і згині. За змінний параметр X_1 прийнято процентний вміст добавки CaCO_3 по відношенню до цементу, а X_2 процентний вміст добавки скловолокна по відношенню до цементу. На підставі отриманих рівнянь регресії були побудовані поверхні відгуку для межі міцності при стиску і згині (рис. 5, 6).

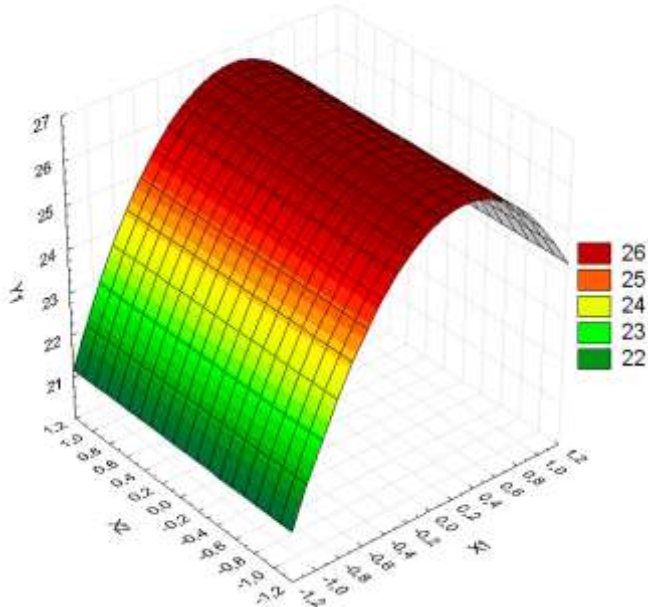


Рис. 5. Поверхня відгуку, відображає залежність межі міцності на стиск \hat{Y}_μ від змісту карбонатної добавки X_1 і добавки скловолокна X_2

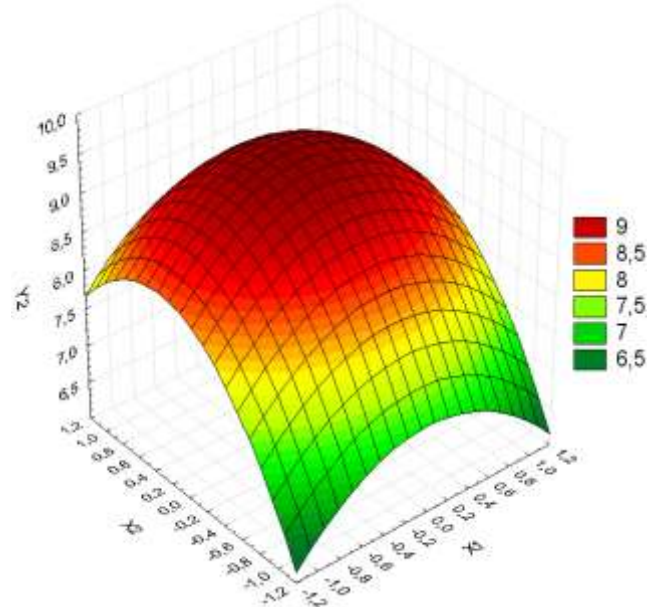


Рис. 6. Поверхня відгуку, відображає залежність межі міцності на згин \hat{Y}_λ від змісту карбонатної добавки X_1 і добавки скловолокна X_2

З рис. 5 видно, що поверхня відгуку залежності міцності на стиск являє собою параболоїд, отже, \hat{Y}_μ в межах досліджуваної області, не залежить від значень X_2 , тобто, кількість добавки скловолокна в зазначених межах, не впливає на міцність при стиску. З рис. 5 також видно, що оптимальні значення \hat{Y}_μ знаходяться в околі точки $X_1 = 0,6$ уздовж всієї осі X_2 . З рис. 6 видно, що оптимальні значення \hat{Y}_λ знаходяться в околі точки $(0,6; 0,4)$. При переході від нормованих величин до натуральних значення оптимальної кількості добавки карбонату кальцію складе 13 % і скловолокна 0,356 % від маси цементу для області найбільших значень міцності при стиску і згині. Попередньо за пошуковими експериментами передбачалося, що оптимум буде знаходитися в межах 10 % і 0,26 % відповідно, тобто в центрі плану. З оптимізованого за змістом тонкодисперсних добавок (скловолокна і CaCO_3) були виготовлені зразки балочок $4 \times 4 \times 16$ см і на 28 добу вологого твердіння випробувані на стиск і згин. Результати випробувань показали, що показники міцності у оптимізованого складу (в порівнянні з контрольним без добавок) підвищилися на 35 % на стиск і на 52 % на згин.

Основні фізико-механічні характеристики складів затверділого гідроізоляційного покриття з оптимізованим вмістом добавок карбонату кальцію, скловолокна, комплексної хімічної добавки та пластифікатору наведено в табл. 4.

Узагальнена таблиця результатів фізико-механічних випробувань

| Властивості затверділого гідроізоляційного покриття | Номер складу | | | |
|---|-------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | 1 | 2* | 3 | контрольний |
| | з мінімальним вмістом добавок | з оптимальним вмістом добавок | з максимальним вмістом добавок | без комплексу хімічних добавок |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Межа міцності складу на стиск, $R_{ст}$, МПа | 28,9 | 47,1 | 25,5 | 25,5 |
| Межа міцності складу на згин, $R_{зг}$, МПа | 9,7 | 13,4 | 9,3 | 8,4 |
| Межа міцності на відрив від бетонної підкладки, R_v , МПа | 2,1 | 2,4 | 2,3 | 0,7 |
| Водонепроникність, W | Більше W_8 | $\approx W_{12}$ | W_8 | W_4 |
| Морозостійкість, F , цикли | 200 | Більше 200 | 150 | 100 |
| Деформації усадки після 6 місяців, % | 0,07 | 0,09 | 0,19 | 0,79 |
| Трещиностійкість, візуально | Без тріщин | Без тріщин | Волосяні тріщини | Волосяні тріщини |
| Водопоглинання за масою, % | 1,09 | 0,56 | 1,15 | 3,21 |
| Водопоглинання за об'ємом, % | 2,5 | 1,28 | 2,61 | 7,22 |

Примітка: (В/Т) у складах варіювалося у межах 0,18-0,23 при розтіканні коржа за Сутгардом 25см; * - склад 2 – оптимізований за вмістом компонентів.

Для проведення фізико-хімічних досліджень були виготовлені зразки цементного каменю за складами наведеними у табл. 5.

Таблиця 5

Склади цементного каменю для фізико-хімічних досліджень

| № зразка | Склад, мас. % | | | | |
|-------------|---------------|------|----------------------------------|----------------------------|-------------|
| | Цемент | Вода | Карб. заповнювач (відходи №1) | Комплексна хім. добавка | Скловолокно |
| Контр. | 100 | 24 | - | - | - |
| 1 | 100 | 28 | 13 | - | - |
| 2 | 100 | 23 | 13 | 4,5 | - |
| 3 | 100 | 23 | 13 | 6,0 | 0,35 |

На рентгенограмі контрольного зразка цементного каменю без добавок присутні лінії дифракційного відображення залишків клінкерних мінералів - C_3S і $B-C_2S$ (3,04; 2,79; 2,74; 2,56; 2,174 Å), традиційних продуктів гідратації - портландита $Ca(OH)_2$ (4,92; 2,63, 1,93 Å), високоосновних гідросилікатів кальцію ВОГСК (9,8; 3,07; 2,85 Å), еттрінгіту $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ (9,73; 5,61 ; 3,88; 2,77; 2,56; 2,22 Å) і продукти карбонізації портландита - кальциту $CaCO_3$ (3,029; 2,49; 2,277; 2,088; 1,912; 1,869 Å). Вочевидь, кальцит з'явився при твердінні зразка на відкритому повітрі.

Рентгенограма цементного каменю з карбонатним заповнювачем (зразок № 1) містить лінії дифракційного відображення тих самих мінеральних фаз, що і в контрольному зразку. Однак, судячи з інтенсивності ліній, у зразку № 1 більше кальциту, менше портландиту. Крім того, спостерігаються лінії дифракційного відображення 14,1 і 7,19 Å, і менш помітні 3,56 і 2,55 Å, які близькі до ліній десятиводногооднокальцієвого гідроалюмінату $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (14, 3; 7,16; 3, 56; 2,55 Å). Гострий пік 11,7 Å і супутні йому, можна віднести до тоберморіту. Крім того, на рентгенограмі спостерігаються лінії 2,86 і 2,40 Å, які притаманні частково закристалізованому тоберморітоподібному гідросилікату кальцію типу C_2SH_2 2,8 Å і відносяться до високоосновних гідросилікатів кальцію ВОГСК. На відміну від контрольного, зразок № 1 містить досить інтенсивні лінії, характерні для гідрокарбоалюміната кальцію ГКАК (3,86; 2,86; 2,86 і 2,46 Å), що обумовлено добавкою до складу меленого кальциту.

Рентгенограма цементного каменю з хімічно активною частиною, зразок № 2 - оптимізований склад, схожа з рентгенограмами зразків контрольного складу та № 1. Відмінність полягає в істотно більшій інтенсивності всіх ліній портландита, що обумовлено введенням до складу добавок прискорювачів. На рентгенограмі присутні також піки гідрохлоралюміната кальцію $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (7,9; 3,94; 3,81; 2,88 Å), виникнення якого обумовлено введенням до складу добавки хлориду кальцію.

Рентгенограма цементного каменю зразка № 3 відрізняється збільшеною кількістю НОГСК (лінії 11,7 і 2,78 Å) і меншою кількістю портландита (лінії 4,93; 2,63 і 1,93 Å). Це зумовлено утворенням додаткової кількості гідросилікатів кальцію у активній поверхні скловолокон як на підкладці.

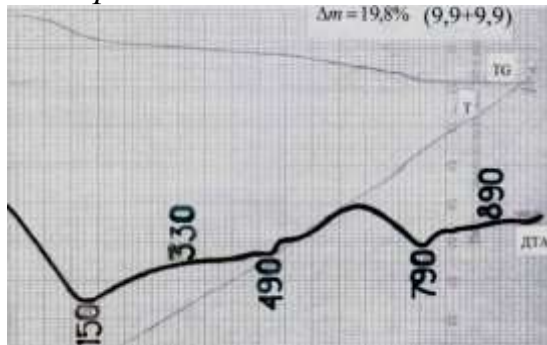
Таким чином, рентгенофазовий аналіз повністю підтвердив наукову гіпотезу досліджень і передбачуваний механізм модифікуючого впливу добавки кальциту і комплексної добавки електроліту на фазоутворення цементного каменю.

На кривих ДТА (рис. 7) проявилися наступні ендоефекти. Широкий ендоефект з максимумом при (-) 150 °C є сумарним ефектом від видалення адсорбційної води і кристалізаційної води еттрінгіту. Також тут може накладатися дегідратація гідросилікату кальцію типу C_2SH_2 і тоберморітоподібних гідросилікатів кальцію, гідрохлоралюмінатів кальцію.

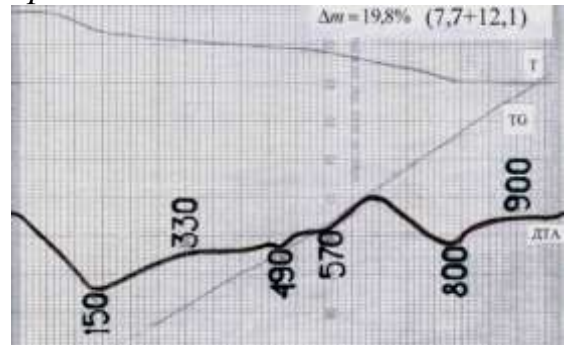
Ендоефект (-) 490 °C відповідає дегідратації портландита, а ендоефект (-) 790-800 °C - дисоціації кальциту.

Введення кальциту в зразок № 1 вплинуло на збільшення інтенсивності ендоефекта при 800 °C ДТА. Введення скловолокна в зразок № 3 привело до збільшення високоосновних гідросилікатів кальцію типу $\text{C}_2\text{SH(A)}$, ендоефект в інтервалі 420-480 °C, і гіллебрандіта $\text{C}_2\text{SH(B)}$, ендоефект при 540-600 °C, що злилися в один загальний широкий ефект в інтервалі температур 420-600 °C, а також до збільшення низькоосновних гідросилікатів кальцію (заглибився екзоефект при 820-880 °C). Накладення широкого ендоефекта в інтервалі 420-600 °C приховало ендоефект портландита 490 °C, що свідчить про його значну кількість.

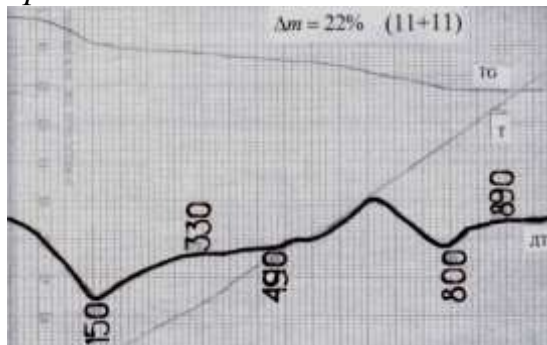
Контрольний



Зразок №1



Зразок №2



Зразок №3

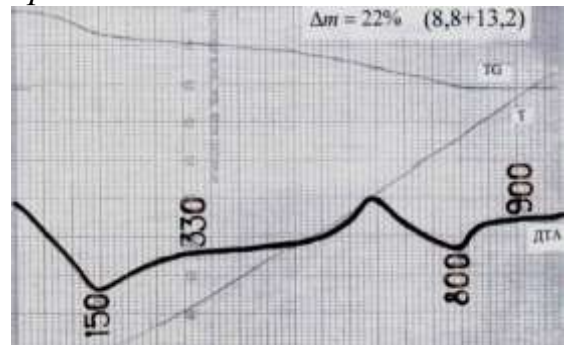


Рис. 7. Результати диференційно-термічного аналізу зразків цементного каменю

Таким чином, в результаті досліджень методами рентгенофазового та диференційно-термічного аналізу цементного каменю встановлено наступне:

- основними мінеральними фазами у всіх пробах цементного каменю є залишки клінкерних мінералів, портландит, кальцит, еттрінгіт, гідросилікати і гідроалюмінати кальцію;
- добавка карбонатного наповнювача у вигляді відходів ТЕЦ-5 підвищує вміст кальциту в цементному камені, викликає утворення гідрокарбоалюмінату кальцію $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$;
- введення комплексної хімічної добавки сприяє збільшенню кількості портландита;
- комплекс мінеральних і хімічних добавок призводить також до збільшення кількості інших кристалогідратів - кальциту, гідрохлоралюмінату і гідрокарбоалюмінату кальцію;
- введення скловолкна призводить до зменшення кількості портландиту і збільшенню низько-і високоосновних гідросилікатів кальцію.

Як зазначалося, поверхня скляного волокна з негативним знаком заряду поверхні, служить підкладкою для синтезу кристалогідратів з позитивним знаком заряду поверхні. Для підтвердження цього теоретичного обґрунтування було проведено дослідження мікро-і субмікроструктури цементного каменю з добавкою скловолкна, добавкою дисперсного кальциту і комплексною хімічною добавкою, в тому числі $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ та CaCl_2 за допомогою скануючого електронного мікроскопу

сколів зразків зазначеного цементного каменю. Результати досліджень представлені на рис. 8, 9, відповідно, на 7 і 28 добу твердіння.

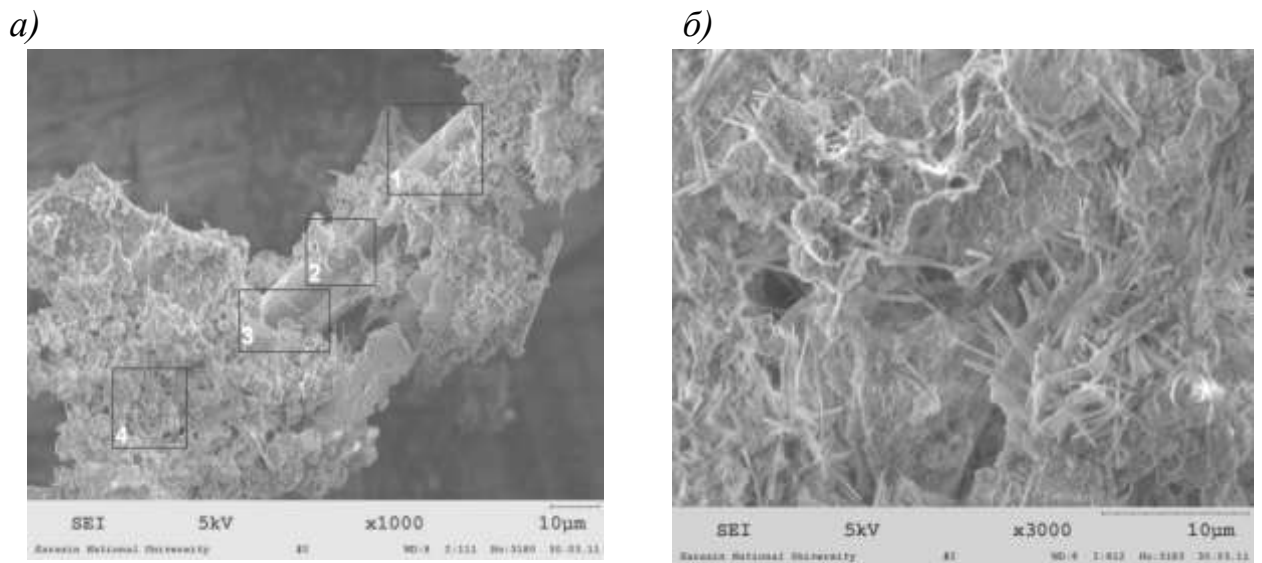


Рис. 8. Електронно-мікроскопічні знімки сколів цементного каменю з комплексною хімічною добавкою, а також дисперсним кальцитом і скловолокном, на 7 добу твердіння (а) та збільшений фрагмент 4 (б)

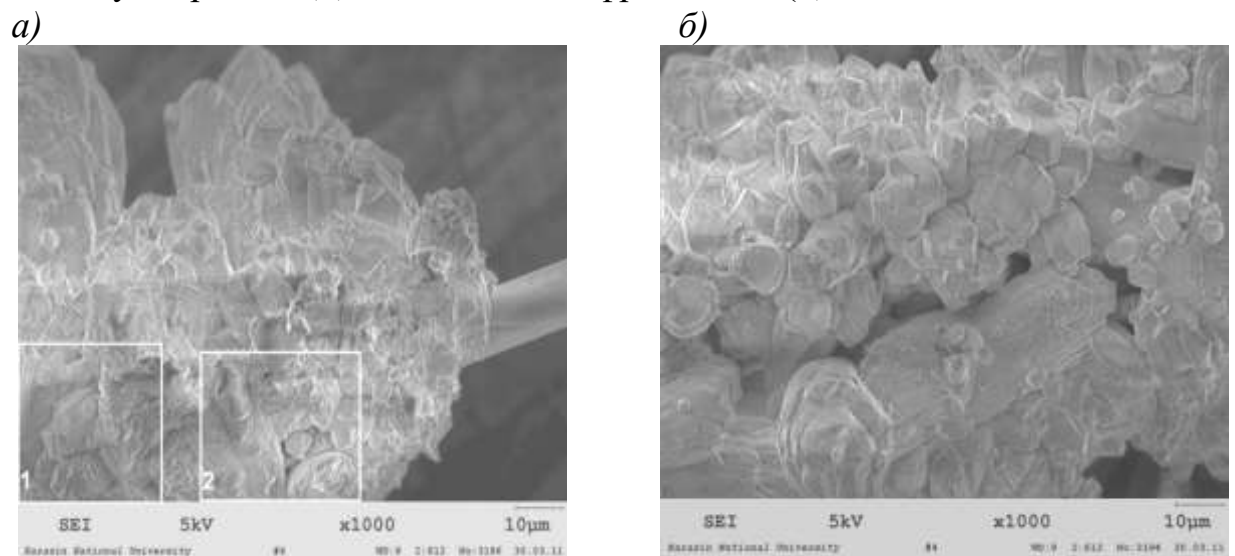


Рис. 9. Електронно-мікроскопічні знімки сколів цементного каменю з комплексною хімічною добавкою, а також дисперсним кальцитом і скловолокном, на 28 добу твердіння (а) та збільшений фрагмент 2 (б)

З ЕМЗ в ранні терміни твердіння цементного каменю (7 доба), рис. 8, а і 8, б видно, що скловолокно щільно обросло частками різних кристалогідратів, перемешованих гідросилікатними (світлі) прошарками, на 28 добу твердіння структура цементного каменю навколо скловолокна (рис. 9, а) практично не змінилася, в порівнянні зі структурою на 7 добу сталося лише її ущільнення.

Порожнеча між цементними частинками заповнена кальцитом кубічної форми. Розміри цих частинок близько 10-15 мкм (відповідають питомій поверхні близько 2500 см²/г) свідчать про те, що набагато більші флокули кальциту, що утворилися з мелених частинок, в цементному камені пептизують, заповнюючи

порожнечі між частками цементу основної фракції 50 мкм. Таку ж функцію виконують частинки гідрохлоралюмінату кальцію і їх утворення, що можна розпізнати за формою, наближеною до гексагональної (рис. 9, б). В об'єми цементного каменю кристалогідратні частинки портландиту, кальциту і гідрохлоралюмінату кальцію розподіляються за обсягом, утворюючи міцні електрогетерогенні контакти через тонкі прошарки гідросилікатного гелю.

Таким чином, електронно-мікроскопічні знімки підтвердили схеми на рис. 4 і рис. 6, що відображають високу ефективність скловолкна як армуючого елемента, обумовлену наростанням на ньому по нормалі кристалогідратів портландиту і еттрінгіту подовженої форми. Крім того, підтверджені ущільнююча і зміцнююча функції часток меленого кальциту і кристалів гідрохлоралюмінату кальцію, що заповнюють порожнечі між цементними частками і утворюють міцні електрогетерогенні контакти через тонкі прошарки гідросилікатного гелю.

У **п'ятому розділі** наведена виробнича перевірка результатів досліджень розробленого складу гідроізоляційного покриття на цементній основі підвищеної тріщиностійкості, економічний ефект від впровадження розробленого гідроізоляційного покриття, розрахований за прямими витратами, склав 15,33 грн/м².

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних даних показав, що в даний час застосування гідроізоляційних покриттів із сухих будівельних сумішей на основі портландцементу розширюється. Склади і властивості цих сумішей постійно удосконалюються, однак до теперішнього часу можливості такого вдосконалення для покриттів конструкцій з бетону на весь період їх експлуатації залишаються до кінця не реалізованими.

2. Методом сепарації частинок в електростатичному полі високої напруги підтверджено і теоретично обґрунтовано, що скловолкно має негативний поверхневий заряд. Це узгоджується з величиною електроповерхневого потенціалу, отриманої розрахунком, $\psi_{\text{сп}}^p = -0,742\text{В}$.

3. Встановлено, що скловолкно, яке має негативний поверхневий заряд, в твердіючому портландцементі є підкладкою для кристалізації продуктів гідратації з позитивним поверхневим зарядом - портландита, гідроалюмінатів, гідросульфалюмінатів кальцію, а при введенні відповідних добавок - солей - гідрокарбоалюмінатів, гідрохлоралюмінатів, гідронітроалюмінатів кальцію і кальциту.

4. Встановлено, що добавка скляного мікробоволокна забезпечує ізотропне мікроармування і самоущільнення структури твердіючого портландцементу за рахунок зростання на поверхні волокна кристалогідратів, що дозволило отримати тонкошарове тріщиностійке покриття товщиною 1,5 – 2 мм.

5. В результаті електронно-мікроскопічних досліджень встановлено, що обсяг кристалогідратів на підкладці зі скловолкна в 3 - 5 разів перевищує обсяг самого скловолкна, що сприяє ущільненню структури цементного каменю. Встановлено також, що ерозія скловолкна в лужному середовищі цементного каменю не знижує

ефекту армування, оскільки його обростання кристалогідратами закінчується на 28 добу.

6. Методом адсорбції колірних індикаторів показано, що на поверхні карбонатних часток – вапняку, доломіту, відходів пом'якшення води теплоелектростанцій міститься набагато більше бренстедовських кислотних центрів ($45-180 \text{ мг-екв/г} \times 10^{-5}$), ніж у кварцу ($\approx 4 \text{ мг-екв/г} \times 10^{-5}$).

7. Встановлено, що зниження усадки затверділих цементно-піщаних складів досягається шляхом введення в його склад тонкомелених наповнювачів, що мають близький до нейтрального усереднений поверхневий заряд і високу поверхневу концентрацію бренстедовських кислотних центрів адсорбції.

8. Встановлено, що спільне введення карбонату кальцію і скловолкна забезпечило збільшення міцності гідроізоляційного складу при стиску на 20 %, при згині на 76 %.

9. За допомогою регресійного аналізу результатів експериментальних досліджень встановлено оптимальний вміст тонкодисперсних добавок у складі гідроізоляційної сухої будівельної суміші на основі портландцементу: скловолкна – 0,356 %, карбонатного наповнювача – 13 % від маси цементу. При цьому визначено, що зміна вмісту добавки скловолкна в межах від 0,02 до 0,5 % на межу міцності при стиску R_{ct} затверділого складу не впливає.

10. Розроблено склад сухої будівельної суміші для гідроізоляційного покриття підвищеної тріщиностійкості на основі портландцементу, що забезпечує міцність покриття при стиску і згині 47,1 і 13,4 МПа, відповідно, адгезію до бетонної основи більше 2,4 МПа, водонепроникність W12, морозостійкість більш F200, деформацію усадки після 6 місяців 0,09 %.

11. Розроблений склад і технологія нанесення сухої будівельної суміші підвищеної тріщиностійкості дозволяють влаштовувати гідроізоляційне покриття товщиною 1,5 - 2,0 мм, що дає можливість економити матеріальні ресурси. Нанесення покриття не вимагає високої кваліфікації – суміш наноситься прийомами малярських робіт (пензлем, валиком, фарборозпилювачем). Економічний ефект від впровадження розробленої гідроізоляційної сухої будівельної суміші склав 15,33 грн/м².

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Использование пигментов для составов проникающей изоляции / О.Ю. Прошин, Р.А Яковлева, Т.А. Костюк, О.И. Дёмина, М.Г. Салия // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – Вип. 53. – С. 136-139.

2. Исследование адгезионной прочности материалов, применение при ремонте смотровой шахты / Д.Ф. Гончаренко, В.В. Запорожец, М.Г. Салия // Науковий вісник будівництва.– Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – Вип. 55. – С. 53-58.

3. Салия М.Г. Перспективные направления применения гидрозащитных составов / М.Г. Салия // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – Вип. 56. – С. 112-115.

4. Салия М.Г. Выбор добавок-наполнителей для улучшения свойств бетона / М.Г. Салия // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – Вип. 57. – С. 212-217.
5. Применение карбонатных добавок в цементных составах для гидроизоляционных и реставрационных работ зданий и сооружений / А.А. Плугин, Т.А. Костюк, М.Г. Салия, Д.А. Бондаренко // Сборник научных трудов МГСУ посвященный 90-летию ф-а ПГС, 2011.- С. 224-227.
6. Влияние механической активации микронаполнителей на формирование свойств бетонов / О.И. Дёмина, Е.Б. Деденева, Т.А. Костюк, М.Г. Салия // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011. – Вип. 63. – С. 230-233.
7. Прогнозирование физико-механических свойств мелкозернистого бетона, с учетом кристаллоэнергетических характеристик его структурных элементов / В.И. Винниченко, Т.А. Костюк, М.Г. Салия, Д.А. Бондаренко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011. – Вип. 63. – С. 234-238.
8. Изотропное микроармирование цементного камня продуктами гидратации для повышения физико-механических характеристик гидроизоляционных покрытий / А.А. Плугин, М.Г. Салия, Т.А. Костюк // Вісник НТУ «ХП»: Зб. наук. пр. Тематичний випуск «Хімія, хімічна технологія та екологія». – Харків: НТУ «ХП». – 2011. – Вип. 50. – С. 97–103.
9. Оптимизация состава сухой строительной смеси для повышения ее прочности с использованием метода математического планирования эксперимента / Д.А. Бондаренко, М.Г. Салия, О.В. Старкова, Т.А. Костюк, Е.Б. Деденева // Система обробки інформації. Зб.наук.пр. ХУПС ім. І. Кожебуда, 2012. – Вип.3(101). – Том 2. – С. 99-102.
10. Салия М.Г. Физико-химические исследования цементного камня с химическими и минеральными добавками, повышающими трещиностойкость и водонепроницаемость / М.Г. Салия, Т.А. Костюк, Ю.А. Спирин, А.А. Плугин // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 130. – С. 49-55.
11. Патент 57543 UA МПК С04В 24/00 Суша будівельна суміш для ремонтних робіт / Т.О. Костюк, О.Г. Вандоловський, М.Г. Салія, Д.О. Бондаренко; заявник та патентовласник Т.О. Костюк, О.Г. Вандоловський, М.Г. Салія, Д.О. Бондаренко; заявл. 22.03.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 5.
12. Патент 93322 UA МПК С04В 41/65, С04В 103/65, С04В 24/00, С04В 14/00, С04В 28/00. Мінеральна суміш, що самоущільнюється, для гідроізоляційного покриття / Т.О. Костюк, М.Г. Салія, Д.О. Бондаренко, Ю.М. Ізбаш; заявник Т.О. Костюк, М.Г. Салія, Д.О. Бондаренко, Ю.М. Ізбаш, заявл. 29.01.2009; опубл. 25.01.2011, Бюл. №2.

АНОТАЦІЯ

Салия М.Г. Гідроізоляційне покриття на цементній основі підвищеної тріщиностійкості. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та виробы. – Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2012.

Дисертаційну роботу присвячено експериментально-теоретичному обґрунтуванню отримання гідроізоляційного захисного складу на цементній основі підвищеної тріщиностійкості.

З використанням комплексних досліджень вивчено структурні особливості розробленого складу, визначено основні фізико-механічні і гідрофізичні характеристики. Одержано залежність міцнісних характеристик від вигляду і змісту тонкодисперсних наповнювачів карбонату кальцію і скловолокна.

Методом сепарації частинок в електростатичному полі високої напруги підтверджено і теоретично обґрунтовано, що скловолокно має негативний поверхневий заряд. Встановлено, що скловолокно, маючи негативний поверхневий заряд, забезпечує ізотропне мікроармування і самоущільнення структури портландцементу, що твердіє, за рахунок зростання на поверхні волокна кристалогідратів і дозволяє одержувати водонепроникне тонкошарове тріщиностійке покриття. В результаті електронно-мікроскопічних досліджень встановлено, що об'єм кристалогідратів на підкладці з скловолокна в 3-5 разів перевищує об'єм самого скловолокна, що сприяє ущільненню структури цементного каменя. Встановлено також, що ерозія скловолокна в лужному середовищі цементного каменя не знижує армуючого ефекту, оскільки його обростання кристалогідратами закінчується до 28 діб.

Розроблено схему виробництва складу сухої будівельної суміші, проведено економічні розрахунки ефективності застосування розробленого гідроізоляційного покриття.

Ключові слова: суха будівельна суміш, тріщиностійкість, хімічно активна добавка, скловолокно, знак заряду поверхні, портландцемент.

АННОТАЦІЯ

Салия М.Г. Гидроизоляционное покрытие на цементной основе повышенной трещиностойкости. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2012.

Диссертационная работа посвящена экспериментально-теоретическому обоснованию получения гидроизоляционного защитного состава на цементной основе повышенной трещиностойкости.

С использованием комплексных исследований изучены структурные особенности разработанного состава, определены основные физико-механические и гидрофизические характеристики. Получены зависимости прочностных характеристик от вида и содержания тонкодисперсных наполнителей карбоната кальция и стекловолокна.

Методом сепарации частиц в электростатическом поле высокого напряжения подтверждено и теоретически обосновано, что стекловолокно обладает отрицательным поверхностным зарядом. Установлено, что стекловолокно, обладая

отрицательным поверхностным зарядом, в твердеющем портландцементе является подложкой для кристаллизации продуктов гидратации с положительным поверхностным зарядом – портландита, гидроалюминатов, гидросульфалюминатов кальция, а при введении соответствующих добавок-солей – гидрокарбоалюминатов, гидрохлоралюминатов, гидронитроалюминатов кальция и кальцита. Установлено, что добавка стеклянного микроволокна обеспечивает изотропное микроармирование и самоуплотнение структуры твердеющего портландцемента за счет роста на поверхности волокна кристаллогидратов и позволяет получать водонепроницаемое тонкослойное трещиностойкое покрытие. В результате электронно-микроскопических исследований установлено, что объем кристаллогидратов на подложке из стекловолокна в 3-5 раз превышает объем самого стекловолокна, что способствует уплотнению структуры цементного камня. Установлено также, что эрозия стекловолокна в щелочной среде цементного камня не снижает армирующего эффекта, поскольку его обрастание кристаллогидратами заканчивается к 28 суткам.

Методом математического планирования эксперимента, с помощью экспериментально-статистической модели, подобрано оптимальное содержание тонкодисперсных добавок карбоната кальция и стекловолокна.

Разработана схема производства состава сухой строительной смеси, проведены экономические расчеты эффективности применения разработанного гидроизоляционного покрытия, экономическая эффективность от применения разработанного покрытия составила 15,33 грн/м².

Ключевые слова: сухая строительная смесь, трещиностойкость, химически активная добавка, стекловолокно, знак заряда поверхности, портландцемент.

ABSTRACT

Salia M.G. Waterproofing coating of cement-based high fracture toughness. – Manuscript.

The thesis for the candidate of technical sciences, specialty 05.23.05 – building materials and products. Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkov, 2012.

The thesis is devoted to experimental and theoretical research a protective waterproofing of cement based high fracture toughness.

With the use of complex investigations, particularly structural-ties developed composition, the main physico-mechanical properties and hydrophysical. Obtained dependence of strength characteristics of form and content of fine calcium carbonate fillers and fiberglass.

The method of separation of particles in the electrostatic field of high voltage test and theoretically proved that the fiber has a negative surface charge. Found that fiber having a negative surface charge, provides isotropic micro-reinforcement self-packing and structure of portlandcement, which hardens, by increasing the surface fibers of crystalline and thin-layer waterproof can get crack resistance coverage. As a result of electron microscopic studies revealed that the volume on the crystalline substrate of fiberglass is 3-5 times the amount of fiber that helps to seal the structure of cement stone. It is also found

that the erosion of glass fibers in the alkaline environment of cement stone does not reduce the reinforcing effect because its crystalline fouling ends up to 28 days.

The scheme of the dry construction mixtures made economic calculations of the effectiveness of the developed underlay.

Keywords: dry mixes, crack, chemically active additive, glass, sign surface charge, portlandcement.

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНЕ ПОКРИТТЯ НА ЦЕМЕНТНІЙ ОСНОВІ ПІДВИЩЕНОЇ ТРИЩИНІЙКОСТІ

Салія Медея Гурамівна

Відповідальний за випуск

Деденьова О.Б.

Підписано до друку 08.11.2012 р.

Формат аркуша 60x84 1/16. Папір для копіювальних апаратів.

Друк офсетний. Умовн. - друк. арк. 0,9. Обл. - вид арк. 1,0.

Замовлення № _____. тираж 100.

Видавництво УкрДАЗТ, свідоцтво ДК № 2874 от 12.06.2007.

Друкарня УкрДАЗТ:61050, Харків - 50, пл. Фейєрбаха, 7