

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛОГОСТІ ТА ЗАСОЛЕНОСТІ БЕТОНУ І ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ.

Й.Й. Лучко, Б.З. Парнета, Б.Л. Назаревич, Р.І. Майба

В поданій роботі представлена методика проведення експериментальних досліджень вологості та засоленості бетону і цегляної (кам'яної) кладки та використання отриманих результатів для прийняття рішення щодо проектування ремонтно-реставраційних сануючих систем.

Як відомо, вологість стін та засолення є основними факторами руйнації старих будинків [1,2,3,4,5 і ін.]. Підвальні приміщення будівель оточені вологою землею. При порушенні ізоляції або її відсутності, вода, що є в ґрунті, просочується через стіни і руйнує штукатурку і цегляну кладку із зовнішньої сторони, а після капілярного переміщення всередині кладки доходить до внутрішнього шару штукатурки. Постійна дія вологості на дерев'яні будівельні матеріали (балки, прогони, опори і т.п.) призводить до появи колоній "домашнього грибка". Це небезпечні дерев'яні паразити, які за короткий час можуть руйнувати усю будівлю. Їх швидкозростаючі грибниці легко проникають крізь матеріали будівельних конструкцій. Якщо до постійної вологості підключається ще й тепло, наприклад, як у житлових напівпідвальних приміщеннях, то на вологих місцях стіни з'являються чорні плісняві колонії. Вони загрожують не тільки здоров'ю мешканців а й будівельній субстанції. У старих будинках відповідні ремонтні роботи по усуненню небажаних явищ пов'язані з великими труднощами.

Більшість будівельних матеріалів (цегла, камінь, а також шви кладки) переважно усіяні порами і капілярами. Через капіляри (діаметром від 80 Нм до 20 μ к) транспортується вода проти сили тяжіння, тобто сила проникнення більша від сили гравітації - вода переміщається вгору (так само і в бік). Висота піднімання залежить від виду матеріалу. Матеріали з дуже малими діаметрами капілярів пропускають мало напірної води, але капілярно підтягують багато. Матеріали з більшими діаметрами краще пропускають напірну воду, проте слабо підтягують капілярно. Матеріали без пор не пропускають і не підтягують води.

Темні плями на тинку, білі виступи, лущення тинків і фарби, руйнування цегли і пористого каменю виступають у горизонтальній

смугі на певній висоті над місцевістю - це майже завжди ознаки шкідливої дії розчинних солей, що часто плутають з грибок. Розчинні солі (гід-роскопічні) проникають у стіну різними шляхами: разом з водою, яку підтягують капіляри з ґрунту, з нещільної каналізації в забрудненому середовищі, а також з дощової води. Причиною засолення стін може бути складування в будинку без захисту продуктів, що містять сіль. Буває також, що матеріал, використаний на будівництві, низької якості і заражений солями.

Виходячи з цього, метою досліджень є вивчення особливостей ру-ху рідин в пористому середовищі на прикладі зразків з бетону та цег-ляної кладки при довготривалому впливі води та солей при їх заволо-женні. Забезпечення довготривалого захисту будівель, а також декора-тивних елементів цих будівель від капілярної вологи досягається шля-хом влаштування відсічної горизонтальної гідроізоляції виконаної ме-тодами ін'єктування гідрофобізуючих, перекриваючих капілярів рідин в бетоні та цегляній кладці, і нейтралізації впливу шкідливих для буді-вель солей влаштуванням системи сануючих штукатурок.

Основне завдання досліджень – це експериментально дослідити вплив вологи та солей на дослідних зразках з бетону і цегляної кладки.

Програма, характеристики матеріалів, конструкція та виго-товлення зразків. Склад бетонів, вихідні матеріали для їх приготу-вання: Для того, щоб можна було оцінити залежність основних власти-востей бетонів двох різних марок від їх кубикової міцності і впливу вказаної міцності на рівень підняття капілярної вологи в бетонних зразках, проектувалися бетони двох марок – М200 та М400.

З метою співставлення властивостей бетонів двох марок, що є важ-ливим з практичної точки зору, проектувалися також зразки з бетонів М200 (В15) та М400 (В30).

В якості в'язучого для приготування бетонів дослідних зразків використовувався портландцемент Миколаївського заводу марки М400 густиною 3070 кг/м^3 при об'ємній масі 1050 кг/м^3 . Нормальна густота тіста - 26 %, початок схоплювання - 2 год. 35 хв., кінець - 4 год. 35 хв. Хімічний склад цементу приведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний аналіз цементу (в %)

Щ.Щ	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O ₃	R ₂ O	Σ
8,05	24,02	4,46	3,62	0,25	55,52	0,86	2,29	0,30	0,63	100

В якості дрібного заповнювача використовується львівський пісок густиною 2620 кг/м^3 при об'ємній масі $1440 - 1480 \text{ кг/м}^3$. Склад в піску глинистих і пилюватих частинок складав $1,5 - 2,0 \%$, пористість - 56% , модуль крупності $1,15 - 1,45$.

Основні характеристики піска: пилоподібні та глинисті домішки $1,2 \%$, $M_{кр} - 1,147$, $\gamma_{об} - 1460 \text{ кг/м}^3$, $\gamma_{уд} - 2620 \text{ кг/м}^3$.

В якості пластифікуючої добавки застосовується пластифікатор СЗ. Вода використовувалася – питтєва з львівського водопроводу.

Характеристика цементу визначалась у відповідності з ГОСТ 310.2.-76 (1992) "Цементи". "Методи фізичних і механічних випробувань" піска і щебеня – у відповідності з ГОСТ 37-35-80 "Пісок для будівельних робіт. Метод випробувань".

Таблиця 2

Витрати матеріалів на $0,25 \text{ м}^3$ для виготовлення дослідних зразків.

Марка бетону (Клас бетону)	Цемент ПЦІІ/А-ІІІ-400, кг	Щебінь, 20-40 мм	Пісок, $M_{кр}=2,15$	Пластифікатор, СЗ	Вода, л
		кг	кг	кг	
		м^3	м^3	м^3	
M200 (B15)	65	287,5 0,2125	197,5 0,145	0,1475 0,13	36,25
M400 (B30)	90	267,5 0,1975	181,25 0,1325	0,205 0,18	48

Із табл. 2. видно, що при одній і тій же марці і однакої рухливості розчину витрата цементу в бетоні марки М400 природнього твердіння на піску з модулем крупності $1,15$ вище, ніж в звичайному трьох-компонентному бетоні, що звичайно повинно знайти відображення на технології приготування бетонів, на їх властивостях, а відповідно і на поведінці конструкцій із таких бетонів.

Конструкції дослідних зразків та технологія їх виготовлення. Конструкція дослідних зразків: Кубикова міцність бетонів дослідних зразків визначалась на зразках з розміром ребер 15 см по шість кубиків з кожної марки. Призмове міцність і деформативні характеристики – на бетонних призмах, кількість - 3 штуки з кожної марки бетону.

Всього було виготовлено дві серії бетонних зразків. Перша серія виготовлялась з бетону марки М400, клас бетону – В30, наступною була серія бетону марки М200, клас бетону - В15. Бетонні зразки виго-

товлялися в збірній опалубці із фанери товщиною 10 мм, по ребрах закріплювалася алюмінієвим кутником.

Конструкції та розміри зразків вказані на рис. 1

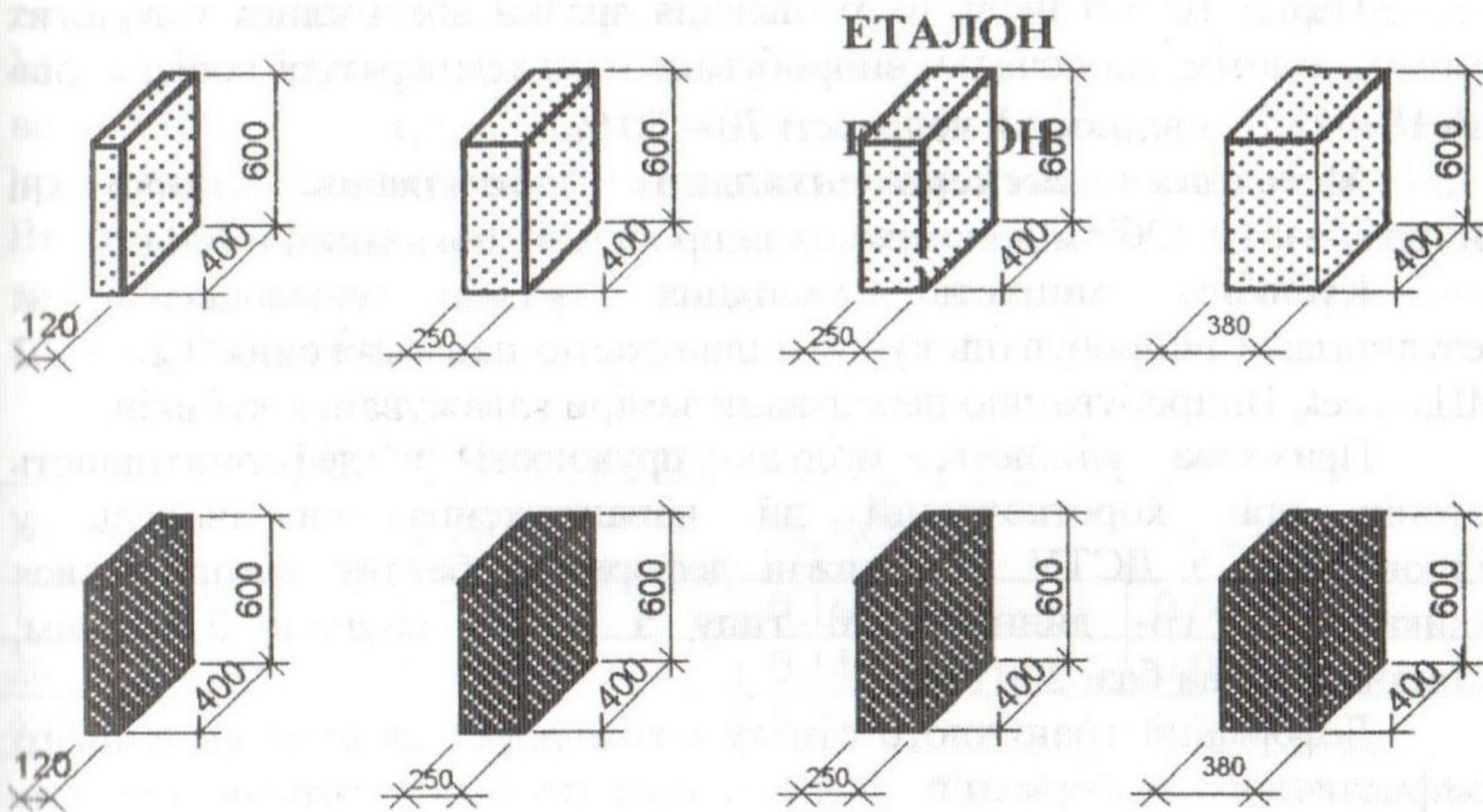


Рис. 1. Конструкція дослідних зразків: а – бетонні зразки марки М 200 та М 400; б – цегляні зразки.

Бетонування проводилося партіями, в залежності від марки бетону. В кожену партію входила серія бетонних зразків і всі допоміжні зразки із одної марки.

Пісок перед бетонуванням просушувався, потім визначалась його вологість для виявлення фактичної наявності води, яка використовувалась для тужавіння бетону.

Дозування матеріалів перед завантаженням проводилось ваговим дозатором. Вода дозувалась вручну. Пластифікатор СЗ розчинявся у воді, після чого разом із водою, додавався в бетономішалку. Приготування суміші здійснювалось в бетономішалці примусової дії об'ємом $0,5 \text{ м}^3$. Порядок приготування суміші приймався наступний: в бетоно-мішалку засипався пісок і цемент, які протягом 1,5 – 2 хв. перемішувалися. Потім додавалась вода і суміш перемішувалася ще протягом 4 – 5 хв. Всі зразки виготовлялися в жорсткій розбірній опалубці, перед кожною партією стінки опалубки ретельно оброблялися змазкою для форм.

Ущільнення проводилося глибинним вібратором. Бетонування зраз-

зків здійснювалося при температурі 15 – 20 °С з відотною вологістю повітря 70 – 80%. Через 5 – 6 годин після вкладання бетону зразки покривалися вологою тирсою. Розопалублення зразків здійснювалося через 4 доби.

Перші 10 діб після виготовлення зразки зберігалися у вологих умовах, а потім, до початку випробувань, при температурі повітря, рівній 18 – 22 °С і відносній вологості 70 – 80 %.

Методика експериментальних досліджень. Допоміжні випробування: Об'єм допоміжних випробувань показаний в табл. 3.

Кубикова міцність дослідних зразків визначалась за результатами випробувань кубів зі швидкістю навантаження 0,25 – 0,3 МПа в сек. Випробуванню передували заміри і зважування кубиків.

Призмova міцність, модуль пружності і деформативність бетонів при короткочасній дії навантаження визначалась у відповідності з ДСТУ. Поздовжні деформації бетону вимірювалися індикаторами годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм, встановлених на базі 200 мм.

Деформації граничного стиску визначалися як сума середнього арифметичного деформацій, зафіксованих по всіх вертикальних датчиках на грані, яка передувала руйнуванню, і в момент руйнування по одному датчику. Крім вказаних вище приладів при випробуванні призми оснащувалися щупами ультразвукової апаратури. Зміна швидкості проходження ультразвуку дозволила отримати ряд важливих даних про деструктивні процеси, які проходили в бетонах під навантаженням.

Таблиця 3

Об'єм допоміжних випробувань

Групи зразків	Вид зразка і розміри, мм	Кількість зразків із бетону марки		Мета випробування
		M200	M400	
КБ	Кубики бетонні 150×150×150	6	6	Визначення кубикової міцності бетону у віці 28 діб
ПБ	Призми бетонні 100×100×400	6	6	Визначення модуля пружності поздовжніх і поперечних деформацій, призмової міцності бетону у віці 28 діб та на завершення випробування.

Методика вимірювання вологості та засоленості зразків. В попередньо зволожених зразках визначався ступінь зволоження за допомогою поверхневого вологоміра CAISSO N. VI – D1. Температура повітря в лабораторії складала 14°C. У бетонних зразках висверлювалися отвори діаметром 12 мм за допомогою перфоратора МАКІТА і бралися зразки проб з кожного висверленого бетону на вологість – 20 грам, а на засоленість – 50 грам. Зважування проводилося за допомогою точної ваги із комплексу вологоміра. Визначення вмісту солей (табл. 4) та вологості (табл. 5) у бетонних зразках, у відсотковому відношенні, проводилося у спеціалізованій хімічній лабораторії.

Таблиця 4

Визначення вмісту солей у бетонних зразках

№ зразка	%, NO ₃	%, SO ₄	%, Cl
1	0,0228	0,161	0,00980
2	0,0088	0,143	0,00311
4	0,0158	0,240	0,00870

У висверлені отвори перфоратором під кутом 30° - 45° заливалося вапно для кращого проникнення гідроізоляційного матеріалу кількість, якого залежала від об'єму кожного бетонного зразка. Ін'єкція проводилася за допомогою спеціального ін'єкційного пістолета-ін'єктора.

Вимірювання вологості проводимо карбідним експрес-методом за допомогою портативної вологомірної станції типу CCM-GERATE, (див. рис. 2). Ці заміри проводяться кількаразово, по необхідності:

- до початку проектування, щоб вибрати відповідний ін'єкційний матеріал, та метод його запресовки;
- перед запресовуванням (введенням в стіну) ін'єкційного матеріалу;

Таблиця 5

Замір вологості у бетонних зразках

№ зразка	Вологість W, %
1	4,0
2	4,5
3	4,6
4	4,5
5	4,3
6	4,1
7	2,75
8	2,60

після додаткового осушення перед запресуванням ін'єкційного матеріалу.



Рис.2. Прилад для вимірювання вологості

Ідентифікація джерел засолення, визначення кількості та типу солей – один з важливих елементів проектування ремонтно-реставраційних систем. Для проведення такого аналізу робимо забір проб як з поверхні стін так із шурфів глибиною не менше половини товщини стін.

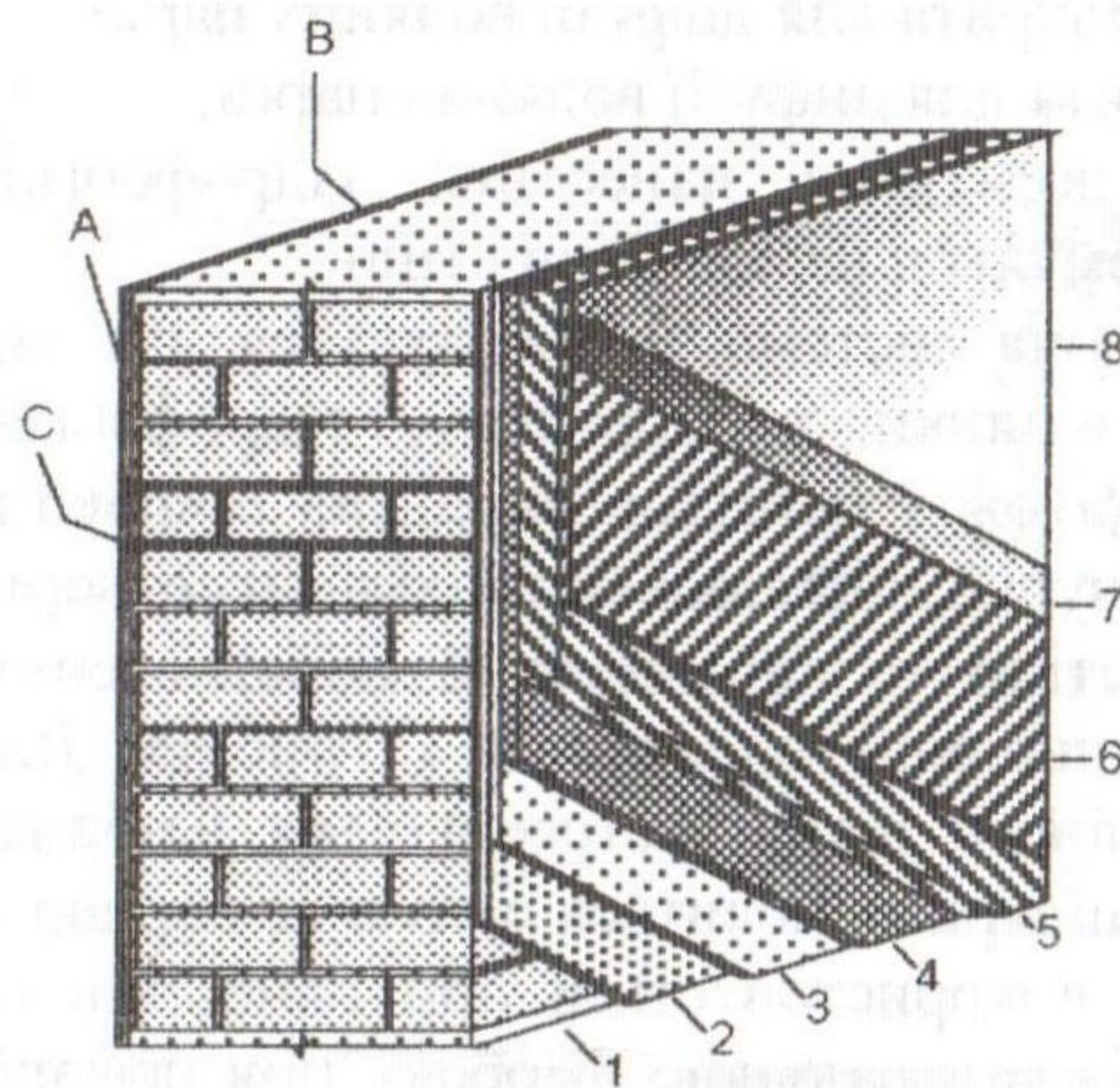
Присутність в досліджуваних зразках аніонів NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- передбачає наявність водорозчинних солей, які в процесі експлуатації адсорбують матеріали.

Для встановлення вмісту цих аніонів необхідно перевести їх в розчин. Для цього відібрану пробу матеріалу сушать до постійної ваги, розтирають у фарфоровій ступці. Далі зважену на аналітичній вазі пробу поміщають в колбу, додають дистильовану воду і витримують у водяній бані протягом години.

Одержаний розчин фільтрують через щільний фільтр у мірну колбу. Осад промивають до відсутньої реакції на аніон Cl^- . Аліквотну

частину розчину пропускають через колонку, заповнену катіонітом. В результаті цього процесу проходить обмін катіонів водорозчинних солей на катіони водню. Вміст катіонів водню встановлюють при титруванні цього розчину розчином лугу. Вміст аніонів NO_3^- , Cl^- визначають на іономірі за допомогою іон-селективних електродів.

В загальному вигляді повну сануючу систему для цегляної кладки будинків старої забудови можна зобразити наступним чином, (див. рис. 3).



А. Вирівнююча штукатурка (в багатьох випадках від неї можна відмовитися)

В. Гідроізоляція поверхні стіни зі сторони протилежному вхідному отвору шпура:

- від просочення гідрофобізуючих рідин
- для попередження виникнення капілярного “вологого містка”.

С. Влаштування відсічної внутрішньої гідроізоляції шляхом ін’єкції в два ряди. (під тиском)

1 Підготовка стіни:

Знешкодження шкідливих для будівель солей шляхом їх перетворення в нерозчинні і важкорозчинні сполуки.

2 Гідроізоляція поверхні стіни зі сторони вхідних отворів шпурів для попередження виникнення “вологого містка”:

1 в зоні ін’єкції “еластична”,

2 під зоною ін’єкції “жорстка”, якщо нема підґрунтя в потребі наступного тріщиноутворення.

3 Адгезійний шар:

Напівнабризг цементним розчином з добавками

4 Сануюча основна (вирівнююча) штукатурка:

Від неї можна відмовитися, у випадку помірного або низького солевого і вологісного навантаження стін.

5 Сануюча штукатурка з високою здатністю накопичувати в собі солі, які виходять із стіни.

6 Цементна шпаклівка, відкрита для дифузії водяних парів.

7 Грунтовка, відкрита для дифузії водяних парів.

8 Фарба, відкрита для дифузії водяних парів;

Допускається додаткове нанесення гідрофобізатора на основі силіконової мікроемульсії на зовнішні стіни.

Повна сануюча система застосовується для заповнення відкритих порожнин, зупинки водопритоку, гідрофобізації поперечного перерізу стіни, а також у багатьох випадках широко використовується при заповненні шпурів, шпаклюванні вхідного отвору шпура, гідрофобізації поверхні стіни в зоні ін'єкції, перетворенні шкідливих для будівель солей, знищенні водоростів і грибків. Для створення поверхневого адгезійного шару застосовується напівнабризг. Для того, щоб перервати капіляри наноситься сануюча вирівнююча штукатурка. Сануюча система використовується при нанесенні відкритої для дифузії водяних парів мінеральною фарбою, при пофарбуванні відкритої для водяних парів фарбою, при гідрофобізації зовнішньої поверхні шляхом нанесення силіконової мікроемульсії.

Устаткування, яке використовується для усунення вологості та засоленості бетону та цегляної кладки. Для визначення ступеня зволоженості окремих частин будівлі (стіни), які знаходяться під во-логісним навантаженням використовується прилад для заміру волого-сті стін. Щоб забезпечити безпеку робітників потрібні такі засоби без-пеки: каска, захисні окуляри, порохозахисна маска, захисні рукавиці, гумові рукавиці, захисне взуття, слухозахисні навушники, флакон з рі-диною для промивання очей, аптечка. Будівельні конструкції і матері-али, які перешкоджають виконанню ремонтних робіт (залишки цемен-ту, штукатурки) видаляються за допомогою оснастки, інструментів і допоміжних засобів перед зачисткою швів. Для утворення шпурів ви-користовується дрель, яка відповідає конкретним умовам, бури із тве-рдих сплавів діаметром 12 мм, довжина по необхідності. Продування шпурів стисненим повітрям здійснюється за допомогою компресора із шлангом. Ін'єкція рідкого гідрофобізуючого матеріалу проводиться ін'єктором (рис.4.) із запірним пристроєм із конусоподібним наконеч-ником на кінці в залежності від товщини стіни. Для закачування рідин і цементних розчинів використовується насос із робочим тиском не менше 10 бар і потужністю 8 л/хв., враховуючи всмоктувальний шланг із сітчастим фільтром з розміром ланок 0,8 мм, нагнітаючий шланг з роз'ємним з'єднанням для під'єднання ін'єктора та пакери (див. рис. 5). Приготування цементних розчинів здійснюється ручним змішувачем. Нанесення обмазуючих гідроізоляційних матеріалів проводиться за допомогою щітки і пензлів.

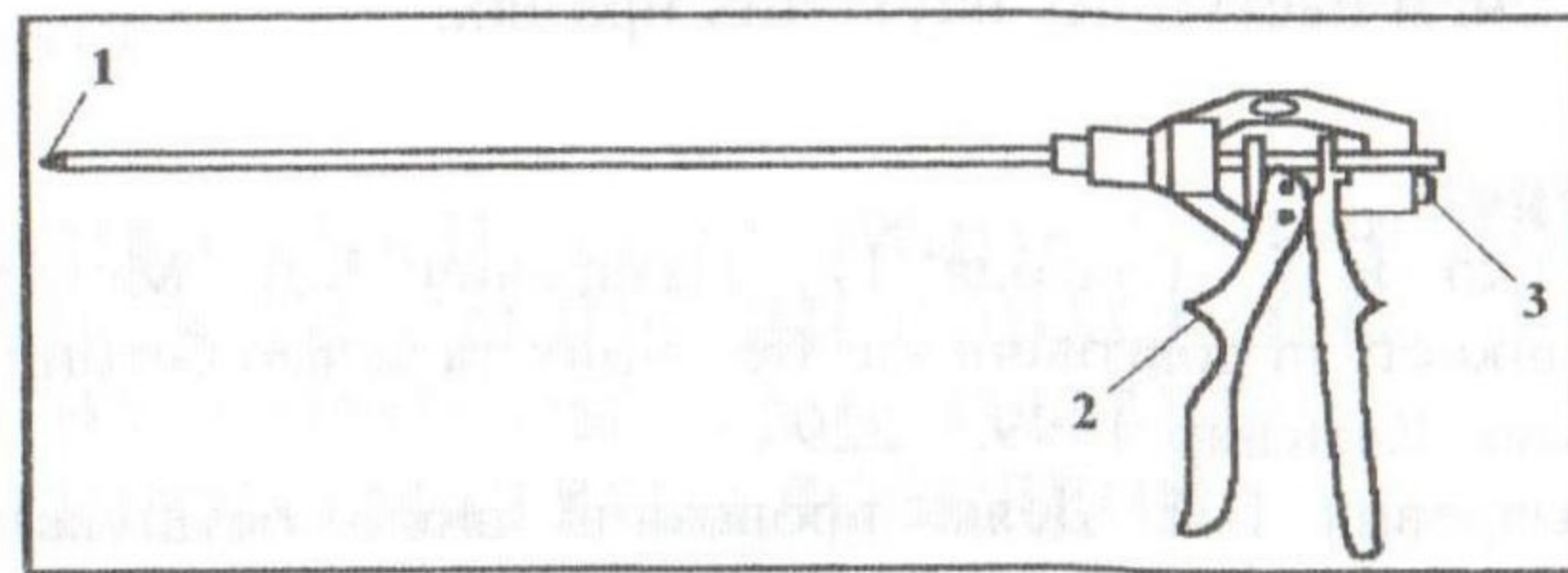


Рис. 4. Пістолет для ін'єкції: 1 – сопло; 2 – рукоятка; 3 - штуце,

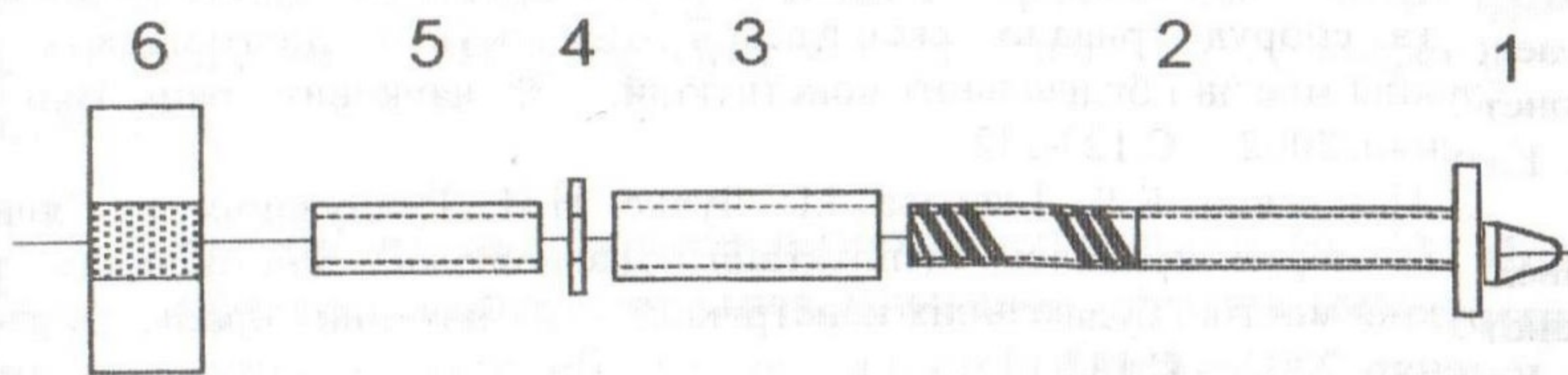


рис. 5. Конструкція пакера: 1 – зворотній клапан (змінний); 2 – трубка пакера; 3 – резиновий ущільнювач (змінний); 4 – притискуюче кільце (шайба); 5 - притискуюча втулка; 6 – притискуюча гайка (змінна).

Висновки.

Розроблена методика дослідження зволоженості та засоленості бетонних, залізобетонних та кам'яних стін будинків старої забудови на основі попередніх натурних досліджень.

Отримані результати зводяться в таблиці і порівнюються з рекомендаціями WTA щодо проектування ремонтно-реставраційних сануючих систем при виборі властивого ін'єкційного матеріалу, виборі методу подачі матеріалу в стіну, визначення способу та матеріалу для очищення конструктиву стін від наявних солей та підборі відповідних матеріалів (систем) для влаштування вертикальних гідроізоляцій в зоні проведення горизонтальних бліссад.

Згідно інструкції WTA 4 – 4 – 96 рекомендовано в якості ін'єкційних матеріалів використовувати такі як: акрили, епоксидні смоли, силікати, парафіни, поліуретанові смоли, сілани (кремнійорганічні) силіконати, тіксосиліконові емульсії та силуксани.

Капітальний ремонт старої або історичної будівлі вимагає комплексного підходу. Окремі заходи повинні бути ретельно скоординовані. Тільки завдяки чіткому плануванню окремих робочих процесів та підбору технології і матеріалів, які використовуються, в подальшому можливе проведення контролю якості.

Дані дослідження перебувають в стадії роботи, результати якої будуть висвітлені в наступних наукових працях.

Література:

1. Лучко Й.Й., Глагола І.І., Назаревич Б.Л. Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних та залізо-бетонних конструкцій і споруд. – Львів: Каменяр, 1999. – 229 с.

2. Назаревич Б.Л. Деякі пропозиції щодо осушування та ізоляції заволожених об'єктів /Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів і конструкцій. – Зб. Наукових праць. Вип. 3. – Л.: Каменяр, 1998. – С.515-519.

3. Лучко Й.Й., Глагола І.І., Назаревич Б.Л. Деградація залізо-бетонних будівель та споруд тривалої експлуатації /Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Зб. наукових праць. Вип. 4. – Л.: Каменяр, 2002. – С.123-132.

4. Назаревич Б.Л. Глагола І.І. Лучко Й.Й. Руйнування кам'яних будівель і споруд тривалої експлуатації /Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Зб. наукових праць. Вип. 4. – Л.: Каменяр, 2002. – С.132-145.

5. Назаревич Б.Л. Проблеми пов'язані з улаштування горизонтальних гід-роізоляцій при реставрації заволожених об'єктів/ Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Зб. наукових праць. Вип. 6. – Л.: Каменяр, 2004. – С.97-108.