

УДК 69.059.35

О. М. Лівінський, д-р. техн. наук, професор КНУБА,  
О. В. Стоян, аспірант КНУБА

## САНУЮЧІ ШТУКАТУРКИ В РЕСТАВРАЦІЇ ПАМ'ЯТОК АРХІТЕКТУРИ

*Постановка проблеми.* Збереження пам'яток завжди було питанням складним, тому вирішувати ці питання повинні лише фахівці технологи, що мають відповідну кваліфікацію та досвід, який підтверджений необхідними знаннями. Ці знання повинні стосуватися не тільки дотримання технології використання матеріалів, але й чіткому розумінні проблеми в цілому.

*Актуальність теми.* Одним з пріоритетних напрямків в санації пам'яток є їх захист від дії шкідливих зовнішніх факторів. Захисні матеріали повинні створювати сприятливий мікроклімат для пам'ятки і в той же час бути непомітними, але й довговічними. Особливе місце серед них займають санууючі матеріали і технології.

### 1 Загальні положення

1.1 Одними з головних руйнівних чинників, що діють всередині конструкцій і мурувань, є надлишкова капілярна вода та розчинні хімічно активні солі - хлориди, сульфати та нітрати.

Усі мінеральні будівельні матеріали за своєю фізико-механічною структурою є пористими системами. Рух води по цій пористій системі зумовлений дією так званих капілярних сил. Природа цих сил полягає в кращій (сильнішій) електростатичній та міжмолекулярній взаємодії полярних молекул води з поверхнею капілярів, що утворена полярними молекулами та іонами кристалічної решітки мінералів будматеріалів, ніж між собою. За рахунок цієї взаємодії, переборюючи поверхневий натяг (протягування молекул між собою) та власну вагу вода піднімається по капілярах на висоту, при якій дія всіх цих сил урівноважується. Таким чином, завдяки гідрофільності (здатності притягувати молекули води) капілярів вода може мігрувати по всій капілярній системі мурування. Висота підймання (сила капілярного підсмоктування) залежить від розмірів капілярів та від природи їх матеріалу. Наявність солей в структурі мурування значно впливає на електрофільність капілярів. Сила капілярного підсмоктування досить велика і може піднімати воду по капілярах на кілька метрів від рівня замокання (наприклад, поверхні землі), а часом - і на висоту більше 10 метрів.

1.2 Наявність надлишкової води в муруванні вже сама по собі є негативним явищем, адже це порушує термодинамічну рівновагу в муруванні, сильно зменшує теплоізоляційні властивості, спричиняє вимивання розчинних солей з будівельних матеріалів і призводить до їх міграції на інші ділянки і поверхню мурування зокрема, що в свою чергу, може спричинити деструкцію менш стійких елементів, хімічну корозію, ерозію поверхні тощо. Підвищена вологість поверхні є сприятливим середовищем для біоуражень (розвитку колоній грибів, бактерій, водоростей тощо), що в свою чергу спричиняє біокорозію.

Однак надзвичайно руйнівною надлишкова капілярна вода стає в поєднанні з перепадом температур та засоленістю прилеглої території та самих конструкцій. Так, замерзаючи в капілярах, вода розширюється та спричиняє значний тиск і руйнує капіляри, а, отже, і саму структуру матеріалу. Багаторазовий повтор процесів заморожування-розморожування спричиняє значні руйнування та деструкцію будівельного матеріалу. При високій температурі значно зростає тиск парів, що також мають значну руйнівну силу.

Мігруючи по капілярній системі, вода транспортує з прилеглих ґрунтів разом з собою водорозчинні солі, що спричиняють хімічну корозію матеріалів, кристалізацію солей на поверхні (при випаровуванні води) та всередині капілярів (з насичених розчинів). Ріст кристалів має сильну руйнівну дію, за характером подібну до дії кристалів льоду.



Збільшення засоленості мурувань збільшує гідрофільність капілярів і тим самим ще збільшує замокання конструкцій. Обидва процеси мають прогресуючий характер. Тому нерідко можна спостерігати, як старі будівлі піддаються замоканню, спричиненому капілярним підсмоктуванням, значно сильніше, ніж нові.

1.3 Рухаючись по капілярній системі за всіма напрямками, частина води підходить до поверхні конструкції, звідки вона може випаровуватись, тим самим зменшуючи кількість води в системі мурування. Вода випаровується швидше, ніж піднімається по капілярах, однак випаровування відбувається тільки з поверхні, а підсмоктування відбувається по всьому об'ємі мурування. Таким чином, у системі мурування встановлюється певна термодинамічна рівновага: за рахунок капілярного підсмоктування вода піднімається і заповнює капіляри та порожнини в пористій структурі певного об'єму мурування, але через поверхню цієї частини мурування іде випаровування такої ж кількості води. Таким чином, частина мурування залишається зволоженою, але зростанню її об'ємів заважає випаровування з поверхні. Така рівновага є досить хиткою і вона може рухатись в обидва боки. Поява нових джерел замокання, затоплення частини конструкцій, збільшення гідрофільності капілярів та засоленості мурування збільшують об'єми замокання. Збільшення ж площі та інтенсивності випаровування приводить до зменшення об'єму та рівня замокання (рис.1, 2).

На практиці нерідко можна спостерігати, як закриття пористої системи цоколя будівлі (закриття площі випаровування) паронепроникними фарбами, декоративними мастиками чи плитами приводить до збільшення об'єму та підняття рівня замокання конструкцій стіни (рис.3).

1.4 Для збільшення ефективності випаровування необхідно збільшувати пористість поверхні мурування та кількість пор на одиницю площі, тобто зменшувати діаметр пор. При цьому слід пам'ятати, що відведення пари від поверхні (підвищення температури, циркуляція повітря) збільшує інтенсивність випаровування. В закритих приміщеннях необхідне облаштування вентиляції - природної чи примусової.

Для знесолення пориста накривна система повинна містити значну кількість широких пор, де може накопичуватися сіль, і не завдавати при цьому шкоди фізико-механічній структурі матеріалу.

## *2. Загальна характеристика сануючих штукатурок*

2.1. Одним з широко застосованих методів консервації пам'яток історії, архітектури та містобудування є застосування сануючих штукатурок. За своєю суттю ці штукатурки є системами знесолення мурування, захисту конструкцій будівлі від замокання, спричиненого капілярним підсмоктуванням, конденсацією та гігроскопічною адсорбцією (поглинанням) вологи повітря, а також системами нормалізації вологісного стану мурувань після проведення комплексу робіт з гідроізоляції конструкцій чи інженерного захисту території.

2.2. Сануюча штукатурка – це штукатурка з високою пористістю і паропровідністю при суттєво зменшеній капілярній провідності та одночасній високій солемісткості та солестійкості

2.3. Принцип дії відновлювальних штукатурок. Системи сануючих штукатурок служать для підготовки поверхонь під оздоблення і створення умов для виведення солей із стіни та накопичення їх у сануючому шарі. Вони забезпечують накопичення солей у нижніх шарах системи і тим самим звільняють мурування від надмірної кількості шкідливих солей і не дозволяють їм за рахунок зниженої капілярної провідності води виходити на поверхню, спричиняти корозію та деструкцію будівельних матеріалів. Верхні шари штукатурки забезпечують інтенсивне (значно вище, ніж звичайне) випаровування води, що надходить з глибших шарів, і тим самим забезпечують значне зниження зволоження мурування і не допускають замокання ділянок, що знаходяться над нею. За рахунок своєї зниженої капілярної провідності води (гідрофобності) верхній шар запобігає проникненню

атмосферної вологи ззовні. Таким чином, сануючі штукатурки не є закриваючими системами, вони служать нормалізації (відновленню, “оздоровленню”) стану мурування і за своїми функціональними завданнями є системами консерваційними.

Сануючі штукатурки мають певні властивості, якими вони відрізняються від інших штукатурок і які є обов’язковими для досягнення поставленої мети - утримання сухості конструкцій підвальних приміщень, цоколів тощо та знесолення мурувань. Вони різняться високою пористістю (не менше 40 % об’єму штукатурки (визначеним за ізопропанолом у вакуумі) і паропрпускну здатністю (коефіцієнт опору дифузії парам води - не більше 18, а для відновлювальних шарів – не більше 12).

Твердіння сануючих штукатурок, як правило, відбувається в вологих умовах, а, отже, в’язуча речовина має бути достатньо гідралічною і стійкою до дії солей, як і всі компоненти системи. При цьому вони мають бути ще й морозостійкими та достатньо міцними до дії тиску та динамічних навантажень.

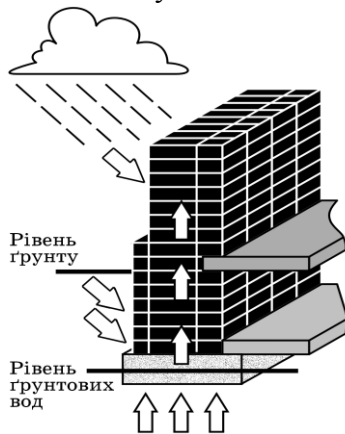


Рис. 1. Основні джерела засолення будівельної конструкції.

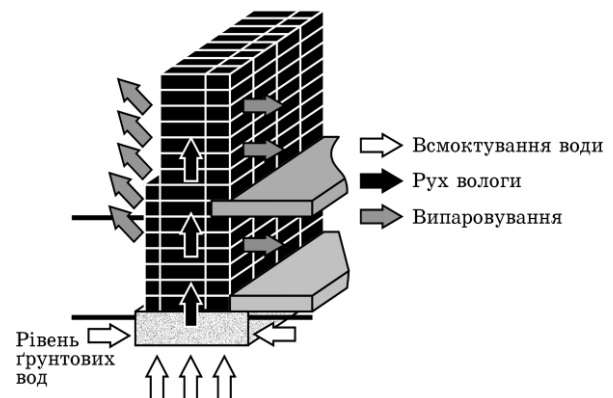


Рис. 2. Рух вологи в стіні.

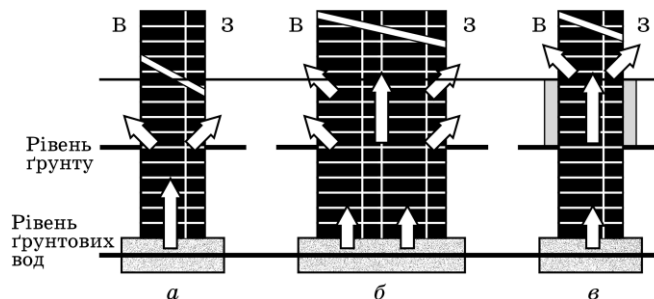


Рис. 3. Залежність капілярного підсмоктування води від поверхні випаровування.

а — тонке мурування; б — товсте мурування (збільшення площі поверхні притоку призводить до збільшення площі поверхні випаровування); в — мурування з опорядженням, що закриває пори (збільшений рівень капілярного підсмоктування води); В, З — відповідно внутрішній і зовнішній бік мурування.

Сануючі системи не можуть протистояти гідростатичному та динамічному тиску води та інтенсивному замоканню і можуть облаштовуватись виключно на відкритих, добре провітрюваних поверхнях (вертикальних, похилих, горизонтальних) над місцями потрапляння вологи - примиканнями землі, карнизами, стрічковими балконами, терасами тощо. Широке застосування сануючі штукатурки мають в поєднанні з системами гідроізоляції – при нормалізації вологісного стану підвалів, гідротехнічних кімнат, цокольних частин будівель тощо.

2.4. Відповідно до діючих норм ДБН В.3.2-1-2004 та WTA 2-2-91 «Системи відновлювальних штукатурок» до системи сануючої штукатурки належить адгезійна штукатурка (контактний шар), основна штукатурка (соленакопичувальна) та відновлювальна штукатурка (випаровуюча).



Як захисне та декоративне покриття може застосовуватись шар опорядження, при цьому всі покриття мають відповідати певним вимогам, що розглядаються далі.

2.5. Адгезійна сануюча штукатурка повинна забезпечувати міцний зв'язок з основною штукатуркою і застосовуватися як солестійка, і наноситися, як правило, у формі сітки.

Шар адгезійної сануючої штукатурки має вкривати не більше 50 % поверхні мурування, його максимальна товщина має становити 5 мм, а глибина проникнення води через 1 годину — більше 5 мм.

Адгезійна штукатурка може збігатися з відновлювальною або пропускатися, якщо це рекомендує виробник.

Основна штукатурка може наноситися в один або кілька шарів і служить для вирівнювання нерівностей (вирівнювальний шар) та адсорбції солей при дуже високій засоленості основи (основний пористий соленакопичувальний шар). Пористий (соленакопичувальний) шар може використовуватись і як вирівнювальний - при нанесенні даної штукатурки в один шар.

Соленакопичувальна штукатурка має бути добре проникною для води (у протилежність відновлювальному шару) і мати високу пористість (вище 45 % від об'єму (за ізопропанолом у вакуумі) (табл. 1).

Відновлювальна штукатурка є завершальним шаром у системі сануючої штукатурки і служить для зниження попадання капілярної вологи (а разом з нею розчинних солей) у верхній шар штукатурки, накопичення залишкової солі та забезпечує добру паропроникність та інтенсивне випаровування, тобто сприяє висиханню мурування.

Відновлювальна штукатурка може наноситися в один або декілька шарів. При цьому загальна товщина штукатурки повинна становити щонайменше 2 см. Товщина відновлювальної штукатурки може бути зменшена до 1,5 см, якщо застосовується основна штукатурка згідно з рекомендаціями і в залежності від ступеня засоленості основи. Окремі шари повинні мати товщину не менше 1 см.

Відновлювальна штукатурка може використовуватися і як основна, коли загальна товщина системи становить не більше 3 см. При цьому в основі не має бути ніяких щілин та грубих нерівностей.

Опорядження наносять на всю поверхню сануючої системи або навіть огорожувальної конструкції. Це може бути традиційний вапняний шар або силікатні фарби; мінеральні декоративні шпаклівки чи малярні покриття - матеріали з високою пористістю (не повинні знижувати пористості накривного шару відновлювальної штукатурки) та гідрофобною здатністю. Необхідно пам'ятати, що зовнішнє покриття сануючої штукатурки буде тільки тоді довговічним, коли її капілярна всмоктувальна здатність істотно не перевищує всмоктувальної здатності усього шару відновлювальної штукатурки. Товщина шару не повинна перевищувати 5 мм.

а). Для забезпечення експлуатаційної довговічності сануючих штукатурних покриттів потрібно суворо дотримуватися технічних умов виконання робіт. Це передбачає дотримання оптимального складу компонентів: форми зерен та ступеня зернистості добавок, а також способу зв'язування, співвідношення суміші, способу і кількості присадок. Усі компоненти системи штукатурок повинні мати високу стійкість проти дії солей. При виборі штукатурних систем та їх застосуванні потрібно також керуватися результатами лабораторних досліджень та рекомендаціями спеціалізованих організацій.

б). При виконанні консерваційних робіт стару штукатурку потрібно видалити смугою, на 80 см більшою від встановленої границі пошкодженої зони. Якщо це технічно виконати на пам'ятці неможливо, то можна нанести сануючу штукатурку з обох сторін стіни на висоту замкання.

Збиті куски штукатурки потрібно того ж дня прибрати, щоб перешкодити поверненню солей у ґрунт і мурування. Рештки розчину, шлам і нашарування на

муруваннях потрібно видалити повністю. Щілини в мурах та шви глибиною до 2см потрібно очистити.

При влаштуванні штукатурного шару товщиною понад 20 мм потрібно до нанесення чергового шару штукатурки робити технологічну перерву з розрахунку одна доба- один міліметр товщини, для досягнення необхідної кількості пор в покритті.

Свіжу відновлювальну штукатурку слід захищати від впливу прямих сонячних променів і сильного вітру, забезпечувати повільне її висихання без утворення тріщин.

в). Перед використанням сануючих штукатурок дуже важливо правильно підготувати основу. Очищена основа має бути міцною, шорсткою і пористою, що забезпечить у подальшому високу адгезію наступних шарів. Міцність нижчого шару системи має бути не нижчою міцності верхнього.

г). Не слід забувати про заходи щодо відведення води з даху та від стін будинку водостічними жолобами і трубами, а також про ефективний захист підвіконь, горизонтальних і похилих площин та інших виступів на фасаді.

Основні вимоги до технічних показників консерваційних матеріалів, рекомендовані інструкцією WTA, наведені в табл. 7.1.

Структури і принцип функціонування сануючих штукатурок WTA наведено на рис. 4.

Як видно з рисунка, процес руйнування сануючих штукатурок, на відміну від звичайних, значно розтягнений у часі: якщо середній термін руйнування звичайної штукатурки при засоленості мурування становить 1-2 роки, то сануюча система витримує, як правило, 7-10 років.

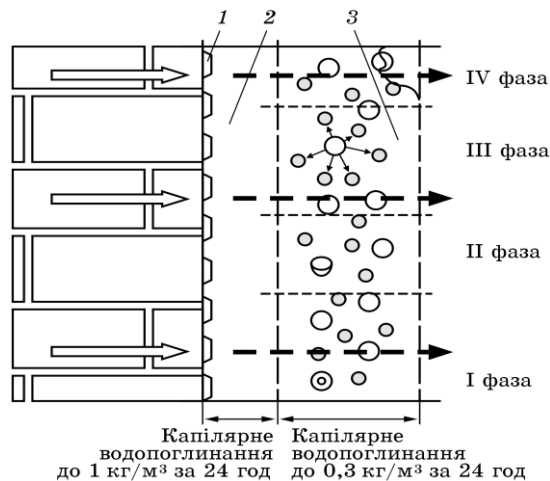


Рис. 4. Структура і принцип функціонування сануючих штукатурок

1 — адгезійний шар; 2 — вирівнювальна штукатурка; 3 — відновлювальна штукатурка;  
 I фаза — утворення центрів кристалізації; II фаза — ріст кристалів, заповнення порожнин;  
 III фаза — напруження сприймають пори та наповнювач; IV фаза — кінець акумулювання, початок руйнування.

Таблиця 1. Вимоги до технічних показників матеріалів, які застосовують при виконанні консерваційних робіт.

Назва шару	Показник	Норма
Адгезійний шар	Твердий розчин глибина проникнення води через 1 год, h1h	< 5 мм



	24 год, h24h	Крізь всю товщину
Вирівнювальна штукатурка	Розчин консистенція вміст повітряних пор по всьому об'єму Твердий розчин коефіцієнт дифузійного опору водяної пари міцність на стиск капілярне водопоглинання W24 глибина проникнення води h пористість	17,0 ± 0,5 см 20 % < 18 Вища ніж для відновлювальної штукатурки > 1,0 кг/м <sup>2</sup> > 5 мм > 45 % (за ізопропанолом у вакуумі )
Відновлювальна штукатурка	Розчин консистенція здатність утримання води Твердий розчин Питома вага (теор. густина) P2 коефіцієнт дифузійного опору водяної пари міцність на стиск відношення міцності на стиск до міцності на відрив капілярне водопоглинання W24 глибина проникнення води h пористість по всьому об'єму опірність впливу солі	17,0 ± 0,5 см > 85 %  < 1,4 кг/дм <sup>3</sup> < 12 1,5 – 5,0 МПа < 3 > 0,3 кг/м <sup>2</sup> < 5 мм > 40 % (за ізопропанолом у вакуумі ) Повна

*Література*

1. Консервація і реставрація архітектурних пам'яток /Ю.М.Стріленко, І.Р.Могитич, С.В. Скляр та ін.// К.- Л. – 1996р. - (586 с.)
2. Карапузов Є.К., Соха В.Г., Матеріали і технології в сучасному будівництві: підручник – К.: Вища освіта, 2006-495с.: іл.
3. Гуцуляк Р.Б., Ю.М.Стріленко. Особливості технології та матеріалів для консервації і реставрації пам'яток. // Будівництво в Україні. 2003, №6

*Використані джерела*

1. Закон України від 8.06.2000 № 1805-III, Про охорону культурної спадщини.
2. Закон України від 1.06.2000 № 1775-III, Про ліцензування певних видів господарської діяльності.
3. ДБН В.3.2-1-2004, Реставраційні, консерваційні та ремонтні роботи на пам'ятниках культурної спадщини