

УДК 693.61:69.059.25

**ФОРМУВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ  
ШТУКАТУРКИ КОМПОНЕНТНИМ СКЛАДОМ ТА ТЕХНОЛОГІЄЮ ЇЇ  
ВЛАШТУВАННЯ**

*К.т.н., проф. Терновий В. І.; к.т.н., ас. Уманець І. М.;  
к.т.н., інж. Молодід О. С.*

*Київський національний університет будівництва та архітектури*

**Постановка проблеми.** До останньої чверті ХХ століття будівельну практику та науку цікавила не велика кількість фізико-механічних показників штукатурки, серед них: щільність, міцність на стиск, міцність зчеплення з основою, морозостійкість, теплопровідність.

Широке застосування цементу у ХІХ та ХХ століттях різко підняло щільність та міцність штукатурних розчинів, але, виявилось, що розчини втратили існуючу у вапняних розчинах паропроникність та пористість. Використання цементних штукатурок при ремонтах та реставрації цінної історичної перезволоженої і засоленої з часом забудови привело до порушення вологообміну у внутрішніх приміщеннях музеїв, палаців, старовинних фортець. Це і створило проблемну ситуацію: вапняні розчини не міцні, а цементні – не паропроникні.

Розв'язати цю проблему вдалося європейським реставраторам, які створили міцну, довговічну, високопористу штукатурку за допомогою багатокомпонентного мінерально-полімерного складу трьохшарової конструкції. Міцна з високою пористістю штукатурка, яка не випускає на зовнішню поверхню капілярну воду, а випускає тільки водяну пару, затримує у своєму середньому шарі солі і осушує мурування, тобто виконує санацію мурування. У технічній записці Асоціації європейських реставраторів WTA 2-2-91/D [1] сформульовані вимоги до фізико-механічних показників цієї санауючої штукатурки (табл. 1), які повторені також вітчизняним ДСТУ-П Б В.2.7-126:2006.

*Таблиця 1*

*Фізико-механічні показники реставраційної санауючої штукатурки*

№ п/п	Найменування показника	Од. виміру	Вимога
1	Пористість, $V_p$	%	> 45
2	Коефіцієнт опору дифузії водяної пари, $\mu$	-	< 12
3	Капілярне водопоглинання, $W_{24}$	кг/мм <sup>2</sup>	> 0,3
4	Глибина проникнення води, $h$	мм	< 5
5	Міцність на стиск, $R_{cm}$	МПа	1,5 – 5
6	Міцність зчеплення з основою, $R_{bf}$	МПа	> 0,4
7	Солестійкість	–	Стійка

Реставраційні штукатурки європейського виробництва мають складну композицію на основі цементу, легких заповнювачів, полімерних і

мінеральних добавок, що підвищує їхню вартість у десятки разів порівняно зі звичайною вапняно-піщаною штукатуркою, при цьому технологія влаштування залишається традиційною.

Сьогодні в Україні на будівельних пам'ятках національного рівня використовують для штукатурення дорогі сухі будівельні суміші вітчизняного та зарубіжного виробництва, а на сотні й тисячі пам'яток культурної спадщини регіонального і місцевого значення коштів на такі штукатурні матеріали не вистачає.

Автори цієї статті протягом семи років ведуть наукові дослідження не дорогих реставраційних сануючих штукатурок із вапняно-цементного в'язучого, перлітового або цем'яноквого заповнювача та широко відомих декількох мінерально-полімерних добавок. Санаційні властивості цим штукатуркам надає компонентний склад, а технологія їх влаштування сприяє збереженню цих властивостей, а тому дещо відмінна від традиційної.

Мета цієї статті – ознайомлення науково-технічної спільноти з результатами досліджень та особливостями розроблених технологій влаштування сануючої перлітової та реставраційної цем'янкової штукатурок.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження сануючої перлітової штукатурки. Нами прийнято конструкцію цієї штукатурки аналогічно іноземній у складі трьох шарів: контактного – товщиною 5 мм, соленакопичувального – товщиною 20 мм та випарувального – 10 мм. Пропонується базовий мінеральний склад з якого готують розчинну суміш для кожного шару окремо.

Базовий мінеральний склад вміщує вапно, добавку цементу, пісок, перліт. Із цього складу влаштовують основний соленакопичувальний шар з наступними експлуатаційними фізико-механічними показниками: пористість 45,75 %; коефіцієнт опору дифузії водяної пари 10,36; міцність на стиск 2,19 МПа [2].

Для виготовлення матеріалу контактного шару базовий склад слід замішувати на контактній емульсії СС 81 торгової марки “Ceresit” розбавленою водою. Для приготування розчинної суміші соленакопичувального шару базовий склад замішують на воді. Для приготування розчинної суміші випарувального шару в базовий склад необхідно додати Elotex Seal 80 у кількості 0,7 % від маси сухої суміші.

Аналізом досліджень попередників: Хазана М. Я., Дмитрука О. Б., Кукебаєва М. М., Громової Є. В., Сопика В. І., нормативно-технічної літератури та експертним опитуванням спеціалістів нами установлені технологічні чинники, які впливають на формування фізико-механічних показників штукатурки при її влаштуванні. Найбільш вагомі чинники та межі їх змін, вплив яких на фізико-механічні показники штукатурки ми досліджували, це – рухомість розчинної суміші (ОК = 8 – 11 см), вологість основи (5,5 – 12 %), наявність контактного шару (0 – 50 %), спосіб влаштування штукатурки (7 способів), тривалість технологічної перерви між нанесенням шарів (2 – 48 годин).

Експериментальними дослідженнями зразків із запропонованої вапняно-перлітової штукатурки нами вперше встановлені залежності між фізико-

механічними показниками штукатурки, що визначають її санаційні властивості та технологічними чинниками, які проявляються при влаштуванні штукатурки [3].

Пористість штукатурки зростає зі збільшенням площі контактного шару при збільшенні рухомості розчинної суміші та при збільшенні вологості основи. При найнижчій рухомості розчинної суміші ( $OK = 8$  см) та найнижчій вологості основи ( $\omega_m = 5,5$  %) без контактної штукатурки пористість рівна 37,91 %. Якщо, при цих же умовах влаштувати штукатурку на контактний шар, що займає 50 % площі штукатурення, то пористість зростає до 39,5 %, тобто на 1,59 %, якщо ж збільшити рухомість розчинної суміші від  $OK = 8$  см до  $OK = 11$  см, то пористість зростає до 42,31 %, тобто на 2,40 %, а якщо тільки збільшити вологість основи від 5,5 % до 12 %, то пористість зростає до 42,67 % або ж на 2,76 %.

Міцність зчеплення на сухій основі ( $\omega_m = 5,5$  %) при влаштуванні контактної штукатурки зростає в 2,1 – 2,8 разів при рухомості розчинної суміші  $OK = 8 - 11$  см, а на мокрій основі ( $\omega_m = 12$  %) в 12,0 – 3,1 раз при  $OK = 8 - 11$  см. Необхідних значень (0,4 МПа) при вологості основи від 5,5 до 12 % міцність зчеплення досягає тільки при рухомості розчинної суміші  $OK = 11$  см і за наявності контактної штукатурки.

Використавши виявлені залежності, ми знайшли математичну залежність рухомості розчинної суміші  $OK$  (см) від вологості основи  $\omega_m$  (%) при якій пористість штукатурки буде рівна 45 %, а міцність її зчеплення з основою понад 0,4 МПа:

$$OK = -0,05 \omega_m^2 + 0,41 \omega_m + 10,62,$$

де  $OK$  – рухомість розчинної суміші, см;  $\omega_m$  – вологість основи, %.

Значення коефіцієнта опору дифузії водяної пари у всіх експериментах були нижчими необхідних, що задовольняє вимоги норм. Найвище його значення виявлене на сухих ( $\omega_m = 5,5$  %) основах при наявності контактної штукатурки і рухомості розчинної суміші  $OK = 8$  см, а найнижче – при відсутності контактної штукатурки на мокрих основах ( $\omega_m = 12$  %) та рухомості розчинної суміші  $OK = 11$  см.

Пробне влаштування штукатурного шару запропонованої штукатурки показало, що традиційні способи штукатурення суттєво зменшують пористість розчину. Для збереження санаційних властивостей ми рекомендуємо наносити штукатурний шар легким багаторазовим накиданням.

За результатами досліджень була розроблена технологія влаштування сануночої перлітової штукатурки [3], яка аналогічна традиційній технології, але при виконанні окремих операцій необхідно дотримуватись наступних рекомендацій:

- вологість основи повинна бути від 7,0 до 12,0 %;
- рухомість розчинної суміші слід узгодити з вологістю основи;
- контактний шар необхідно влаштувати на 50 % площі основи;
- соленакопичувальний та випаровувальний шари необхідно влаштувати способом легкого багаторазового накидання;

- технологічна перерва між влаштуванням соленакопичувального та випарувального шарів повинна мати тривалість від 2-х до 24-и годин.

Дослідження реставраційної цем'янкової штукатурки. Визначення фізико-механічних показників цем'янкової штукатурки виготовленої за історичною рецептурою показало, що вони не відповідають сучасним вимогам. Нами підібрано склад реставраційної цем'янкової штукатурки з наступних компонентів: вапно негашене, гіпс, цемент, цем'янка. Висока пористість штукатурки досягається великою кількістю води затворення ( $OK \geq 15$  см) [4]. Очевидно, що таку розчинну суміш влаштовувати на поверхню можна лише за допомогою опалубки.

Конструкція штукатурки має три функціональні шари (контактний, соленакопичувальний, випарувальний), але розчинну суміш наносять у два шари. Перший, контактний шар, накидають тонким шаром, а другий, основний шар, формують за допомогою опалубки, і розділяють на два шари. Зовнішній, випарувальний, шар створюють просоченням поверхні основного шару гідрофобною рідиною Ceresit СТ 13. Внаслідок цього, штукатурка має три шари завтовшки 5; 22; 8 мм.

Аналізом науково-технічної літератури встановлено технологічні чинники, які можуть впливати на фізико-механічні показники штукатурки при її влаштуванні. Це – рухомість суміші, тривалість перемішування суміші при її приготуванні, вологість основи, наявність ґрунтування основи, наявність контактного шару та розмір його площі, спосіб ущільнення розчинної суміші в опалубці [5].

Лабораторні визначення фізико-механічних показників виконували за стандартними українськими та іноземними методиками, плануючи одно-, дво- та трьохфакторні експерименти.

Експериментально встановлено, що зі збільшенням рухомості розчинної суміші та тривалості її перемішування при приготуванні ймовірність появи у ній тріщин зростає, а опір дифузії водяної пари та міцність на стиск зменшуються. Щоб фізико-механічні показники досягли значень, рекомендованих нормами, готувати розчинну суміш з рухомістю 12 см осадки конуса слід впродовж 2 хвилин.

Виявлено залежності фізико-механічних показників реставраційної цем'янкової штукатурки, які визначають її санаційні властивості (наявність тріщин, пористість, міцність зчеплення з основою, міцність на стиск) від розміру площі контактного шару при різному стані основи. За цими основними залежностями визначено розмір площі контактного шару штукатурки при різному стані основи, при якій фізико-механічні показники задовольняють вимогам норм, так:

- при незаґрунтованій основі вологістю 12 % площа контактного шару повинна займати 50 – 83 % площі штукатурення;
- при заґрунтованій основі вологістю 12 % - 29 – 73 %;
- при заґрунтованій основі вологістю 45 % - 28 – 100 %.

За результатами досліджень розроблена технологія влаштування запропонованої реставраційної цем'янкової штукатурку [5], в основу якої покладено відому технологію формування штукатурного шару за допомогою

опалубки та технологію штукатурення іноземною реставраційною штукатуркою. Особливість і відмінність цієї технології полягає у дотриманні параметрів технологічних чинників в установлених нашими дослідженнями межах, що забезпечить штукатурці санаційні властивості.

Розроблені технології реставраційного штукатурення було апробовано у виробничих умовах. Обидві технології дозволили отримати економію коштів біля 80 % у порівнянні з плановим штукатуренням реставраційною сумішшю Ceresit CR 63. Фізико-механічні показники зразків, вирізаних із виготовленої у натурних умовах штукатурки, задовольняють вимоги нормативів.

### **Висновки**

1. Запропоновані компонентні склади реставраційних вапняно-перлітової та цем'янкової штукатурок із доступних й не дорогих матеріалів, які мають санаційні властивості.

2. Розроблені технології влаштування запропонованих реставраційних штукатурок, які зберігають отримані компонентним складом санаційні властивості цих штукатурок.

3. Запропоновані реставраційні штукатурки мають високу економічну ефективність.

### **ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. WTA Merkblatt 2-2-91/D. Sanierputzsysteme. Deutsche Fassung. Stand Juli 1992 (Vorversion) : Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. -WTA-, München;1992, 9 S.
2. Дослідження впливу компонентного складу на формування експлуатаційних показників вітчизняної санувальної штукатурки / В. І. Терновий, І. М. Уманець, Н. Р. Антонюк, Р. Б. Гуцуляк // Вісник ОДАБА. – Одеса : «Зовнішпрекламсервіс». – 2010. – Вип. 38. – С. 610 – 614.
3. Уманець І. М. Технологія влаштування санувальної перлітової штукатурки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.08 “Технологія та організація промислового та цивільного будівництва” / І. М. Уманець. – К., 2012. – 19 с.
4. Терновий В. І. Дослідження складу реставраційної цем'янкової штукатурки / В. І. Терновий, О. С. Молодід, Р. Б. Гуцуляк // Теорія і практика будівництва. – К.: КНУБА. – 2011. – Вип.8. – С.19 – 22.
5. Молодід О. С. Технологія влаштування реставраційної цем'янкової штукатурки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.08 “Технологія та організація промислового та цивільного будівництва” / О. С. Молодід. – К., 2013. – 19 с.