

УДК 693.61:69.059.25

**ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ПОКАЗНИКИ
САНУВАЛЬНОЇ ПЕРЛІТОВОЇ ШТУКАТУРКИ**

В. І. Терновий, І. М. Уманець

В статті викладені результати експериментальних досліджень впливу рухомості розчинної суміші, вологості основи, наявності контактного шару на значення експлуатаційних фізико-механічних показників (міцності зчеплення з основою, пористості та коефіцієнта опору дифузії водяної пари) санувальної перлітової штукатурки.

В статье изложены результаты экспериментальных исследований влияния подвижности растворной смеси, влажности основания, наличия контактного слоя на значение эксплуатационных физико-механических показателей (прочности сцепления с основанием, пористости та коэффициента сопротивления диффузии водяной пары) санирующей перлитовой штукатурки.

The paper presents results of experimental studies of the effect of the mobility of the mortar, moisture basis, the presence of a contact layer on the importance of operational physical and mechanical properties (strength of adhesion to the base, porosity and diffusion coefficient of water vapor resistance) sanivalnoyi perlite plaster.

Вступ

Сьогодні при реставрації пам'яток архітектури України застосовують санувальні штукатурки, які призначені для боротьби з надлишковою вологою та засоленістю кам'яних конструкцій [1]. Активний імпорт закордонних санувальних штукатурок у вигляді сухих будівельних сумішей фірм Remmers, Хенкель Баутехнік (Україна), Schomburg, Caparol, Deiterman тощо, а зокрема висока вартість цих матеріалів, підштовхнула до створення рецептури санувальної штукатурки на основі вітчизняних матеріалів [2]. Під час проведення лабораторних досліджень розроблено склад соленакопичувального шару санувальної штукатурки в об'ємних частинах: вапно – 0,7; цемент – 0,3; пісок – 1; перліт – 1 [3].

Постановка проблеми

Наукова література та практичний досвід свідчать, що при влаштуванні штукатурок їх експлуатаційні фізико-механічні показники змінюються під впливом технологічних чинників. Це спонукало нас до дослідження залежностей міцності зчеплення з основою, пористості та коефіцієнта опору дифузії водяної пари запропонованої штукатурки від технологічних чинників (наявності контактного шару, вологості основи, рухомості розчинної суміші), які виникають при влаштуванні запропонованої санувальної штукатурки [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Санувальні штукатурки були розроблені таким чином, що фізико-механічні властивості штукатурок досягаються багатокомпонентним складом, а технологія їх влаштування традиційна.

У вітчизняній науково-технічній літературі інформації з технології влаштування санувальних штукатурок, подібних до запропонованих, не було.

Отже, розробка технології влаштування запропонованої санувальної штукатурки на основі автентичних вітчизняних матеріалів, а саме: виявлення впливу технологічних чинників на її фізико-механічні показники, для реставрації пам'яток архітектури України задача актуальна.

Формулювання цілей статті

Метою статті є викладення результатів досліджень впливу технологічних чинників санувальної перлітової штукатурки (наявності контактного шару, вологості основи, рухомості розчинної суміші), які виникають при її влаштуванні, на фізико-механічні показники (міцність зчеплення з основою, пористість та коефіцієнт опору дифузії водяної пари).

Виклад основного матеріалу

Для експериментальних досліджень в приміщенні лабораторії з температурою 18 °С, вологістю повітря 50 ÷ 65 % було виготовлено дерев'яний стенд. На стенді було змонтовано із глиняної цегли декілька фрагментів цегляних стін з площею кожного біля 0,5 м². У частині дослідів на фрагментах цегляної стіни попередньо наносили контактний шар товщиною 5 мм рухомістю розчинної суміші 11 см через трафарет з отворами, які займали 50 % його площі. Склад контактного шару було прийнято таким же, як і склад соленакопичувального шару, але замість води для приготування розчинної суміші використовували контактну емульсію СС 81 (торгова марка "Ceresit") розбавлену водою в об'ємному співвідношенні 1:3.

Вологість основи з контактним шаром та без нього мала два значення 5,5 % та 12 %.

Розчинну суміш для нанесення соленакопичувального шару виготовляли з рухомістю 8; 9,5; 11 см заглиблення стандартного конуса [5].

Згідно з планом експерименту на цих фрагментах наносили соленакопичувальний шар штукатурки, з якого брали зразки для виявлення фізико-механічних показників [4].

Результати дослідів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення фізико-механічних показників соленакопичувального шару штукатурки при різних значеннях технологічних чинників

Значення технологічних чинників			Значення фізико-механічних показників		
наявності контактного шару	вологості основи, %	рухомості, см	міцності зчеплення з основою, МПа	пористості, %	коефіцієнта опору дифузії водяної пари
немає	5,5 ("суха")	8,0	0,084	37,91	11,48
		9,5	0,108	39,85	9,51
		11,0	0,140	42,31	8,61
є	5,5 ("суха")	8,0	0,180	39,50	13,84
		9,5	0,296	41,36	11,17
		11,0	0,396	44,08	10,31
немає	12,0 ("мокра")	8,0	0,040	42,67	11,30
		9,5	0,104	44,07	9,02
		11,0	0,196	45,72	8,06
є	12,0 ("мокра")	8,0	0,480	44,73	12,95
		9,5	0,535	46,35	10,68
		11,0	0,610	47,85	9,03

Як видно з табл. 1, міцність зчеплення соленакопичувального шару з основою не менше 0,4 МПа відповідно до СНиП, отримана на зразках штукатурки, влаштованих з розчинної суміші рухомістю 8 – 11 см на "мокрій" основі ($\omega_m = 12\%$) з контактним шаром, і, як виняток, влаштована на "сухій" основі ($\omega_m = 5,5\%$) з контактним шаром при використанні розчинної суміші рухомістю 11 см.

За даними табл. 1 побудована гістограма значень міцності зчеплення соленакопичувального шару з основою при різних значеннях технологічних чинників. Гістограма (рис. 1), наочно підтверджує великий вплив на міцність зчеплення, в першу чергу, наявності контактного шару, а потім – вологості основи та рухомості розчинної суміші.

Вплив наявності контактного шару на міцність зчеплення соленакопичувального шару з основою розглянуто більш детально, оскільки всі значення задовільної міцності отримані на основах з контактним шаром. Для виявлення цього впливу абсолютні значення міцності переведено у відносні значення – відсотки. За 100 % прийняті найменші значення міцності зчеплення з основою, виготовленого з розчинної суміші різної рухомості при вологості основи 5,5 % та 12 % (табл. 2).

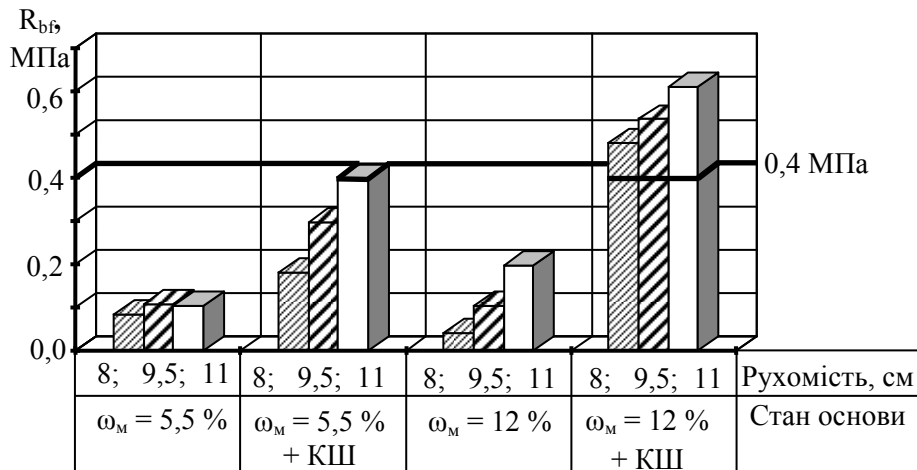


Рис. 1. Гістограма значень міцності зчеплення соленакопичувального шару з основою при різних значеннях технологічних чинників: розчинна суміш рухомістю \square – 8,0 см; \square – 9,5 см; \square – 11,0 см; $\omega_m = 5,5\%$; 12% – вологість основи; КШ – основа з контактним шаром.

Таблиця 2

Вплив наявності контактного шару на міцність зчеплення соленакопичувального шару з основою

Вологість основи, %	Рухомість розчинної суміші, см	Міцність зчеплення штукатурки з основою, МПа		Збільшення міцності зчеплення, рази	Середнє збільшення міцності зчеплення, рази
		без контакт-ного шару	з контактним шаром		
5,5	8,0	0,084	0,180	2,1	2,5
	9,5	0,108	0,296	2,7	
	11,0	0,140	0,396	2,8	
12,0	8,0	0,040	0,480	12,0	6,7
	9,5	0,104	0,535	5,1	
	11,0	0,196	0,610	3,1	

Наявність контактного шару збільшує середню міцність зчеплення соленакопичувального шару з “сухою” ($\omega_m = 5,5\%$) основою у 2,5 раза, а з “мокрою” ($\omega_m = 12\%$) основою у 6,7 раза, ніж з основою без контактного шару. При подальшому аналізі результатів досліджень штукатурний шар розглянуто лише з контактним шаром, оскільки без контактного шару значення міцності зчеплення з основою недостатні.

Для виявлення впливу ступеня вологості основи на міцність зчеплення за 100% прийнято значення міцності зчеплення шару штукатурки з основою вологістю 5,5% при рухомості розчинної суміші 8 та 11 см (табл. 3).

Результати, наведені в табл. 3, свідчать, що приріст міцності зчеплення шару штукатурки виготовленої з “густої” суміші (рухомістю 8 см) при збільшенні вологості основи від 5,5% до 12% складає 167% (або у 2,7 раза).

При використанні “текучої” розчинної суміші (рухомістю 11 см) міцність зчеплення шару штукатурки при збільшенні вологості основи від 5,5% до 12% зростає у 1,5 раза, хоча натуральні значення вищі ніж при використанні “густої” суміші.

Таблиця 3

Міцність зчеплення соленакопичувального шару з основою в залежності від зміни вологості основи

Стан основи		Міцність зчеплення при рухомості розчинної суміші			
наявність контакт-ного шару	вологість, %	8 см		11 см	
		МПа	%	МПа	%
є	5,5	0,180	100	0,396	100
є	12,0	0,481	267	0,610	154
Відносний приріст міцності, %		167		54	

Для виявлення впливу рухомості розчинної суміші на міцність зчеплення за 100 % прийнято значення міцності зчеплення шару штукатурки з основою рухомістю 8 см при вологості 5,5 %, 12 % (табл. 4).

Таблиця 4

Міцність зчеплення соленакопичувального шару з основою в залежності від зміни рухомості розчинної суміші

Стан основи		Міцність зчеплення при рухомості розчинної суміші				Відносний приріст міцності, %
наявність контакт-ного шару	вологість, %	8 см		11 см		
		МПа	%	МПа	%	
є	5,5	0,180	100	0,396	220	120
є	12,0	0,481	100	0,610	127	27

Розгляд таблиці 4 показав, що міцність зчеплення соленакопичувального шару з “сухою” основою (вологість 5,5 %) зростає в 2,2 раза при збільшенні рухомості суміші від 8 до 11 см, але її абсолютне значення залишається меншим 0,4 МПа (лише при рухомості розчинної суміші 11 см – 0,396 ≈ 0,4).

Міцність зчеплення шару штукатурки, влаштованого на “мокрій” основі (вологість 12 %) відповідно зростає у 1,27 раза, але її абсолютні значення у 2,7 – 3,4 раза вищі ніж на “сухий” основі.

Таким чином, на збільшення міцності зчеплення соленакопичувального шару з основою значно впливає підвищення вологості основи, ніж збільшення рухомості розчинної суміші.

Пористість зразків соленакопичувального шару при зміні значень технологічних чинників зростає з 37,91 % до 47,85 % (рис. 2).

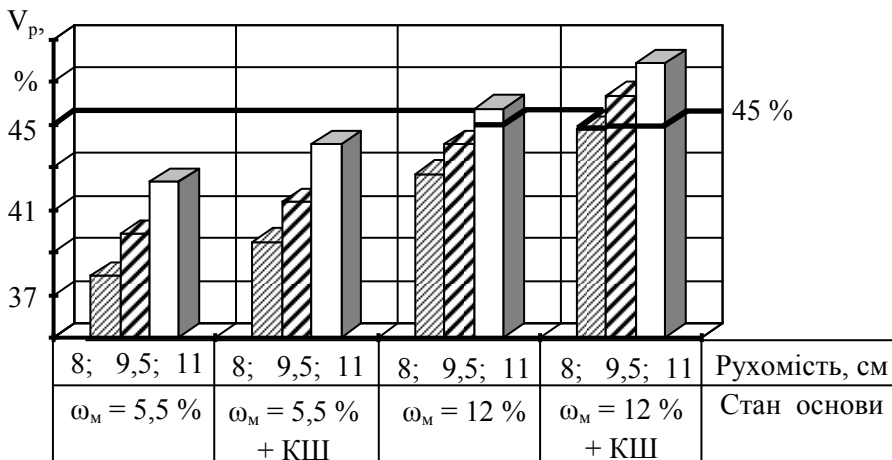


Рис. 2. Гістограма значень пористості соленакопичувального шару при різних значеннях технологічних чинників: розчинна суміш рухомістю – 8,0 см; – 9,5 см; – 11,0 см; ω_м = 5,5 %; 12 % – вологість основи; КШ – основа з контактним шаром

Як видно з гістограми (рис. 2), пористість не менше 45 % відповідно до WTA [1], отримана на зразках штукатурки, влаштованих на “мокрій” основі (ω_м = 12 %) з контактним шаром з розчинної суміші рухомістю 8-11 см та на такій же основі без контактного шару з розчинної суміші рухомістю 11 см.

Вплив наявності контактного шару на основі на пористість соленакопичувального шару штукатурки розглянуто у табл. 5.

З експериментальних даних видно (табл. 5), що з наявністю контактного шару пористість соленакопичувального шару в досліджуваному інтервалі зміни рухомості розчинної суміші від 8 до 11 см осадки конуса зростає на 4 % на “сухий” основі (ω_м = 5,5 %) і відповідно – на 5 % на “вологій” основі (ω_м = 12 %), при цьому натуральні значення пористості вищі в зразках, виготовлених з розчинних сумішей 9,5 та 11 см.

Вологість основи також впливає на пористість соленакопичувального шару (табл. 6).

Таблиця 5

**Вплив наявності контактної шару на основі на пористість
соленакочувального шару штукатурки**

Стан основи		Пористість при різних значеннях рухомості розчинної суміші					
		8 см		9,5 см		11 см	
наявність контактної шару	вологість, %	натуральне значення	відносне значення	натуральне значення	відносне значення	натуральне значення	відносне значення
немає	5,5	37,91	100	39,85	100	42,31	100
є	5,5	39,50	104	41,36	104	44,08	104
немає	12,0	42,67	100	44,07	100	45,72	100
є	12,0	44,73	105	46,35	105	47,85	105

Таблиця 6

Пористість соленакочувального шару в залежності від вологості основи

Стан основи		Пористість при рухомості розчинної суміші			
наявність контактної шару або відсутність	вологість, %	8 см		11 см	
		натуральне значення	відносне значення	натуральне значення	відносне значення
є	5,5	39,50	100	44,08	100
є	12,0	44,73	113,2	47,85	108,5
Відносний приріст пористості, %		13,2		8,5	

При збільшенні вологості основи від 5,5 % до 12 % з контактним шаром відносний приріст пористості соленакочувального шару, виготовленого з розчинної суміші рухомістю 8 см, дорівнює 13,2 %, а приріст пористості соленакочувального шару, виготовленого з розчинної суміші рухомістю 11 см, – 8,5 %.

В середньому за результатами експерименту можна стверджувати, що при влаштуванні соленакочувального шару з розчинної суміші рухомістю 8 – 11 см при зміні стану основи від “сухої” ($\omega_m = 5,5\%$) до “мочної” ($\omega_m = 12\%$) з контактним шаром пористість шару штукатурки зростає на $(13,2 + 8,5) : 2 = 11\%$.

Вплив зміни рухомості розчинної суміші на пористість соленакочувального шару наочно видно з табл. 7, для цього абсолютні значення пористості переведено у відносні значення, відсотки. За 100 % прийняті натуральні значення пористості зразка штукатурки з рухомістю 8 см при різних станах основи.

Дані з табл. 7 свідчать, що відносна пористість соленакочувального шару штукатурки на основі вологістю 5,5 % зростає на 11,6 % при збільшенні рухомості розчинної суміші від 8,0 до 11,0 см, а на основі з вологістю 12 % – відповідно на 7 %.

Пористість соленакочувального шару санувальної штукатурки, виготовленої на основі з вологістю від 5,5 до 12 %, при збільшенні рухомості розчинної суміші з 8 до 11 см осідання конуса в середньому зростає на $(11,6 + 7,0) : 2 = 9,3\%$.

Таблиця 7

Пористість соленакочувального шару в залежності від рухомості розчинної суміші

Стан основи		Пористість при рухомості розчинної суміші				Відносний приріст пористості, %
наявність контактної шару	вологість, %	8 см		11 см		
		натуральне значення	відносне значення	натуральне значення	відносне значення	
є	5,5	39,50	100	44,08	111,6	11,6
є	12,0	44,73	100	47,85	107,0	7,0

Порівняння середнього зростання пористості на 11 % при збільшенні вологості основи від 5,5 % до 12 % з середнім зростанням пористості на 9,3 % при збільшенні рухомості розчинної суміші від 8 до 11 см показало, що збільшення вологості основи на 18 % збільшує приріст пористості, ніж збільшення рухомості розчинної суміші. Одночасне збільшення вологості основи та рухомості розчинної суміші найбільш ефективне.

Коефіцієнт опору дифузії водяної пари (табл. 1) має тенденцію спадання при збільшенні рухомості розчинної суміші та вологості основи та за наявності контактного шару. Гістограма значень коефіцієнта опору дифузії водяної пари соленакопичувального шару (рис. 3), підтверджує вплив на даний показник, в першу чергу, наявності контактного шару, вологості основи та рухомості розчинної суміші.

У розглянутих дослідах всі значення коефіцієнта опору дифузії водяної пари нижчі 15, тобто відповідають вимогам WTA.

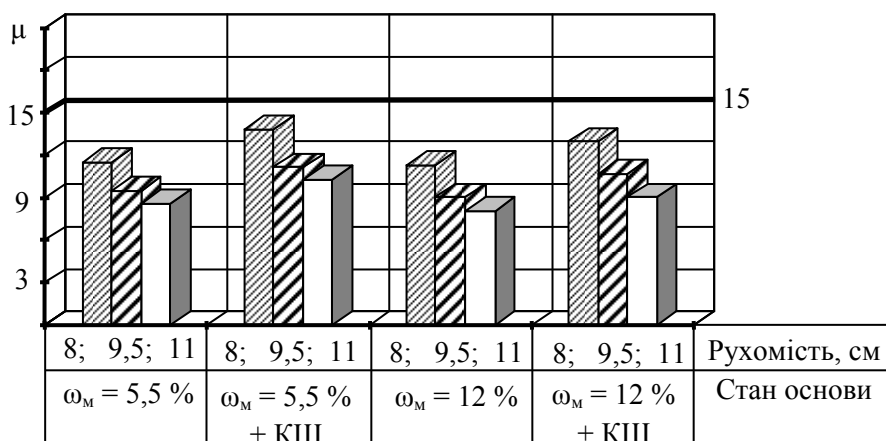


Рис. 3. Гістограма коефіцієнта опору дифузії водяної пари соленакопичувального шару при різних значеннях технологічних чинників: рухомість суміші 8,0 см; 9,5 см; 11,0 см; $\omega_m = 5,5\%$; 12% – вологість основи; КШ – основа з контактним шаром.

При відсутності контактного шару коефіцієнт опору дифузії водяної пари практично однаковий (при незначному зниженні на “вологих” основах) при вологості основи 5,5 % та 12 % (11,48 – 11,30; 9,51 – 9,02; 8,61 – 8,06), а тому, можна визначити середні значення. Так, при $\omega_m = 5,5\%$ середній коефіцієнт рівний 9,87, а при $\omega_m = 12\%$ – 9,46 (зменшився на 4,3 %).

При наявності контактного шару значення коефіцієнта також близькі і середні значення на “сухих” ($\omega_m = 5,5\%$) основах дорівнює $(13,84 + 11,17 + 10,31) : 3 = 11,80$, а на “вологих” ($\omega_m = 12\%$) основах – $(12,95 + 10,68 + 9,03) : 3 = 10,89$ (зменшився на 7,7 %).

В цілому, на будь-яких основах без контактного шару, середнє значення коефіцієнта опору дифузії водяної пари рівне $(9,87 + 9,46) : 2 = 9,67$, а при наявності контактного шару – $(11,8 + 10,89) : 2 = 11,35$ (зростає на 17 %).

Отже, наявність контактного шару збільшує коефіцієнт опору дифузії водяної пари на величину до 17 %.

Збільшення вологості основи без контактного шару від 5,5 % до 12 % при всіх рухомостях розчинної суміші від 8 до 11 см зменшує коефіцієнт опору дифузії водяної пари на 4,3 %, при наявності контактного шару – на 7,7 %, то в середньому – на 6 %.

Коефіцієнт опору дифузії водяної пари соленакопичувального шару, виготовленого з розчинної суміші рухомістю 8 см на цеглі вологістю 5,5 % без контактного шару, зменшується з 11,48 до 8,61 (до 75 %) зі збільшенням рухомості розчинної суміші відповідно з 8 до 11 см заглиблення стандартного конуса. Коефіцієнт опору дифузії водяної пари соленакопичувального шару, виготовленого на цегляній основі вологістю 5,5 % з контактним шаром, становить 13,84 при рухомості розчинної суміші 8 см, 11,17 – при 9,5 см, та 10,31 – при 11 см (зменшується також до 74,5 %).

Таким чином, при збільшенні рухомості розчинної суміші від 8 до 11 см опір дифузії водяної пари на “сухих” основах ($\omega_m = 5,5\%$) зменшується на 25 %, а на “вологих” ($\omega_m = 12\%$) основах – на 30 %.

Аналіз отриманих залежностей трьох фізико-механічних показників соленакопичувального шару санувальної штукатурки (міцності зчеплення з цеглою, пористості та коефіцієнта опору дифузії водяної пари) від рухомості розчинної суміші, вологості основи та наявності контактного шару

шару свідчить, що необхідні їх значення досягаються на зразках цегли вологістю 12 % з контактним шаром при рухомості розчинної суміші 11 см заглиблення стандартного конуса.

Висновки

- Експериментом встановлено, що міцність зчеплення шару штукатурки при наявності контактного шару на “сухих” ($\omega_m = 5,5\%$) основах у 2,5 рази більше ніж на основах без контактного шару, а на “мокрих” основах ($\omega_m = 12\%$) – більша у 6,7 рази. При збільшенні вологості основи з контактним шаром міцність зчеплення зростає в 2,7 ... 1,5 рази, а при збільшенні рухомості розчинної суміші міцність зчеплення зростає в 2,2 ... 1,27 рази.
- Наявність контактного шару на “сухій” основі ($\omega_m = 5,5\%$) підвищує пористість соленакопичувального шару на 4 %, а на “мокрій” основі ($\omega_m = 12\%$) – на 5 %. При збільшенні вологості основи від 5,5 % до 12 % пористість соленакопичувального шару зростає в середньому на 11 %, а при збільшенні рухомості розчинної суміші від 8 до 11 см – на 9,3 %.
- Наявність контактного шару збільшує коефіцієнт опору дифузії водяної пари в середньому на 17 %. Збільшення вологості основи від 5,5 % до 12 % зменшує коефіцієнт опору дифузії водяної пари в середньому – на 6 %, а збільшення рухомості розчинної суміші – в середньому на 27,5 %.

Список літератури

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. (<http://www.wta.de/>)
2. Терновий В. І. Дослідження вітчизняної сануючої штукатурки / В. І. Терновий, Р. Б. Гуцуляк, І. М. Уманець // Теорія і практика будівництва. – 2008. – № 4. – С. 29-31.
3. 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: «Зовнішрекламсервіс». – 2010. – Вип. 38. – С. 610-614.
4. Уманець І. М. Методика досліджень вітчизняної сануючої штукатурки / І. М. Уманець // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – Вінниця: Універсум-Вінниця. – 2009. – № 1. – С. 74-76.
5. Терновий В. І. Дослідження впливу технології нанесення розробленої санувальної штукатурки на формування її фізико-механічних властивостей / В. І. Терновий, І. М. Уманець // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2010. – Вип. № 3. – С. 65-70.
6. 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.

Терновий Віталій Іванович – к.т.н., професор кафедри технології будівельного виробництва Київського національного університету будівництва і архітектури.

Уманець Ірина Михайлівна – асистент кафедри технології будівельного виробництва Київського національного університету будівництва і архітектури.