

ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 693.61:69.059.25

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РУХЛИВОСТІ РОЗЧИННОЇ СУМІШІ
ТА ТРИВАЛОСТІ ЇЇ ПЕРЕМІШУВАННЯ ПІД ЧАС ПРИГОТУВАННЯ
НА ПОКАЗНИКИ ЦЕМ'ЯНКОВОЇ ШТУКАТУРКИ**

В. І. Терновий, О. С. Молодід

**STUDY OF MOBILITY OF SOLVENT MIXTURE AND THE DURATION OF ITS STIRRING
IN THE PREPARATION FOR PERFORMANCE OPUS SIGNINUM PLASTER**

V. Ternovy, O. Molodid

В статті наведено результати експериментальних досліджень з виявлення залежностей впливу рухливості розчинної суміші та тривалості перемішування розчинної суміші під час її приготування на фізико-механічні показники запропонованої цем'янкової штукатурки (створення тріщин, пористість, коефіцієнт опору дифузії водяної пари та міцність на стиск). В результаті чого встановлено, що зі збільшенням рухливості розчинної суміші та тривалості її перемішування під час приготування пористість штукатурки і ймовірність появи в ній тріщин зростають, а опір дифузії водяної пари та міцність на стиск зменшуються.

В статті приведені результати експериментальних досліджень по виявленню залежностей впливу подвижності растворной смеси и продолжительности перемешивания растворной смеси во время ее приготовления на физико-механические показатели предложенной цементной штукатурки (создание трещин, пористость, коэффициент сопротивления диффузии водяного пара и прочность на сжатие). В результате чего установлено, что с увеличением подвижности растворной смеси и продолжительности ее перемешивания при приготовлении пористость штукатурки и вероятность появления в ней трещин растут, а сопротивление диффузии водяного пара и прочность на сжатие уменьшаются.

The paper presents the results of experimental studies to identify dependencies influence the mobility of soluble compounds and duration of mixing mortar mixture during its preparation on physical and mechanical parameters of the proposed opus signinum plaster (creating cracks, porosity, coefficient of water vapor diffusion resistance and compressive strength). as a result, found that the increasing mobility of soluble compounds and duration of stirring during cooking porosity of the plaster and the likelihood of it cracking increases and resistance to water vapor diffusion and compressive strength decrease.

Постановка проблеми

Для реставрації цем'янкових штукатурок на пам'ятках архітектури Х-ХІІІ ст. авторами запропоновано розчинну суміш, яка має компонентний склад аналогічний історичному (вапно, цем'янка) модифікований мінеральними добавками природного походження (цемент, гіпс) та водними дисперсіями полімерних добавок, які широко застосовують в сучасному будівництві [1].

Лабораторними дослідженнями проведеними зі зразками виготовленими із запропонованого авторами матеріалу [1] для реставрації цем'янкової штукатурки довели, що такі експлуатаційні показники як відсутність тріщин, пористість, коефіцієнт опору дифузії водяної пари, міцність на стиск, солестійкість, відповідають вимогам, встановленим Європейською асоціацією реставраторів [2], про що свідчать дані таблиці 1.

Проте практичним досвідом та аналізом результатів досліджень попередників [3] встановлено, що показники штукатурки можуть змінюватись у процесі її улаштування. Зокрема такі технологічні чинники як: рухливість розчинної суміші, тривалість перемішування розчинної суміші при її приготуванні, вологість основи, ґрунтування основи, контактний шар, спосіб ущільнення, тривалість витримання розчину в опалубці впливають на фізико-механічні

показники штукатурок (утворення тріщин, пористість, опір дифузії водяної пари, міцність на стиск та міцність зчеплення з основою).

Таблиця 1

Основні фізико-механічні показники лабораторних зразків штукатурки з цем'янкової розчинної суміші, запропонованої авторами

Зразки штукатурки	Тріщини, мм	Пористість, %	Коефіцієнт опору дифузії водяної пари	Міцність на стиск, МПа	Соле-стійкість
З цем'янкової суміші	Відсутні	48,5	5,8	1,98	Стійка
Вимоги WTA	Відсутні	>45	<12	1,5-5	Стійка

Автори публікацій [4, 5] стверджують, що вагомий вплив на фізико-механічні показники (особливо тріщиностійкість) розчинів виготовлених із негашеного вапна мають такі технологічні чинники як рухливість розчинної суміші та тривалість перемішування розчинної суміші під час її приготування.

Мета статті

Викладення результатів дослідження впливу рухливості розчинної суміші та тривалості перемішування розчинної суміші під час її приготування на створення тріщин в штукатурці, пористість, коефіцієнт опору дифузії водяної пари та міцність на стиск запропонованої цем'янкової штукатурки.

Виклад основного матеріалу

Для дослідження залежностей основних фізико-механічних показників від технологічних чинників рухливість розчинної суміші та тривалість перемішування розчинної суміші під час її приготування, було виконано серії експериментів, в яких по чергово змінювали рухливість розчинної суміші від 9 до 17 см ОК та тривалість перемішування розчинної суміші під час її приготування від 2 до 6 хв.

Враховуючи той факт, що рухливість розчинної суміші становить 9 і 17 см осадки стандартного конуса, яку неможливо наносити традиційними способами, було вирішено всі досліди провести укладанням суміші в бортоснастку, прикріплену до цегляної поверхні (рис. 1).

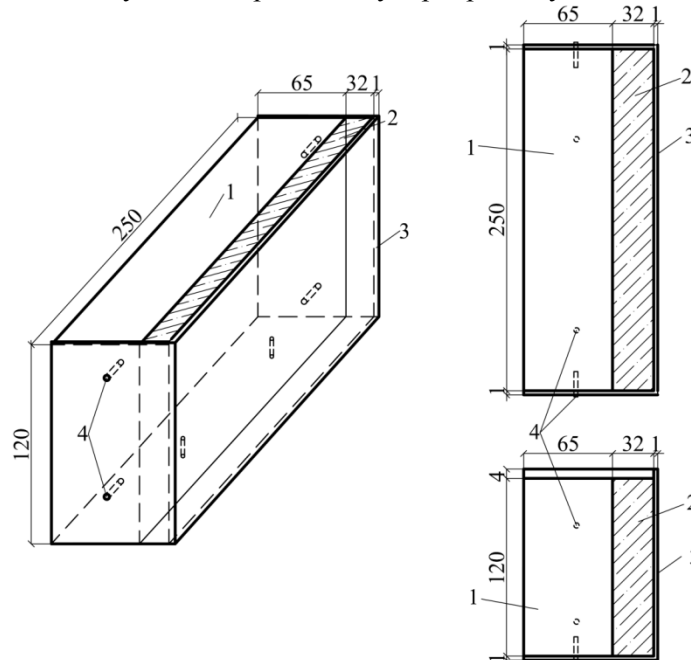


Рис. 1. Схема бортоснастки для формування штукатурного шару на цеглі:
1 – цегла; 2 – штукатурний шар; 3 – опалубка; 4 – фіксатор

У приміщенні лабораторії було виготовлено 36 фрагментів штукатурки. Для цього до кожної із 36 цеглин кріпили фіксаторами металеву бортоснастку розмірами 120 × 250 мм, так щоб між цеглиною та бортоснасткою утворився проміжок, що відповідав товщині штукатурного шару 32 мм, при цьому 2 мм передбачено як шов спилування зразка, а 30 мм – товщина досліджуваних зразків.

У простір між цеглиною та опалубкою укладали розчинну суміш. Через 24 год. бортоснастку знімали та оглядали штукатурний зразок. Поверхню цегли, на якій влаштовували штукатурку, за добу до експерименту покрили шаром ґрунтовки Ceresit СТ 17. Безпосередньо перед формуванням штукатурки цеглу зволожили до 12 %. Вологість основи визначали за допомогою приладу UNI 2 активним електродом В 50. Результати дослідів наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Значення фізико-механічних показників цем'янкової штукатурки при різній рухливості і тривалості перемішування розчинної суміші під час її приготування

№ серії дослідів	Тривалість перемішув. розчинної суміші, хв	Показники	Значення показників при рухливості розчинної суміші, см ОК				Вимоги норм до показників
			9	11	15	17	
1	2	Наявність та ширина розкриття тріщин, мм	Відс.	Відс.	Відс.	0,3	Відс.
		Пористість, %	38,0	41,7	48,5	-	> 45
		Коефіцієнт опору дифузії водяної пари	10,2	8,3	5,8	-	< 12
		Міцність на стиск, МПа	4,28	3,31	1,98	-	1,5 – 5,0
2	4	Наявність та ширина розкриття тріщин, мм	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.
		Пористість, %	41,4	43,8	48,1	48,5	> 45
		Коефіцієнт опору дифузії водяної пари	9,2	7,0	6,0	5,6	< 12
		Міцність на стиск, МПа	2,2	1,8	1,2	1,0	1,5 – 5,0
3	6	Наявність та ширина розкриття тріщин, мм	0,8	0,5	0,3	0,1	Відс.
		Пористість, %	-	-	-	-	> 45
		Коефіцієнт опору дифузії водяної пари	-	-	-	-	< 12
		Міцність на стиск, МПа	-	-	-	-	1,5 – 5,0

- – за наявності тріщин на фрагментах штукатурки їхні фізико-механічні показники не визначали через непридатність таких зразків та в цілому штукатурки до використання.

Аналіз результатів досліджень, наведених у табл. 2, доводить, що тривалість перемішування розчинної суміші під час її приготування значною мірою впливає на фізико-механічні показники штукатурки. Так, перемішування суміші впродовж 6 хв призводить до утворення тріщин штукатурного шару за будь-якої її рухливості. Наявність тріщин спостерігається також у разі перемішування суміші рухливістю 17 см осадки конуса впродовж 2 хв. На фрагментах штукатурки з цем'янкової розчинної суміші, яку перемішували 2 (крім рухливості суміші 17 см ОК) та 4 хв, за будь-якої із зазначених рухливостей суміші тріщин немає. Для таких штукатурок визначали основні фізико-механічні показники.

За даними табл. 2 побудовано графіки залежностей пористості, коефіцієнта опору дифузії водяної пари та міцності на стиск від рухливості розчинної суміші, яку перемішували під час приготування впродовж 2 та 4 хв. Графіки наведено відповідно на рис. 2, 3, 4.

Експериментальні дані свідчать, що зі збільшенням рухливості розчинної суміші пористість цем'янкової штукатурки підвищується (рис. 2). Так, пористість штукатурки, розчинну суміш якої готували перемішуванням 2 хв, зростає з 38,0 до 48,5 % зі збільшенням рухливості

суміші відповідно від 9 до 15 см, при цьому приріст пористості становить 10,5 пункту. Слід звернути увагу на те, що показник пористості зразків штукатурки задовольняє нормативні вимоги (> 45 %) за рухливості суміші від 12,94 до 15 см осадки конуса й перемішуванні її 2 хв.

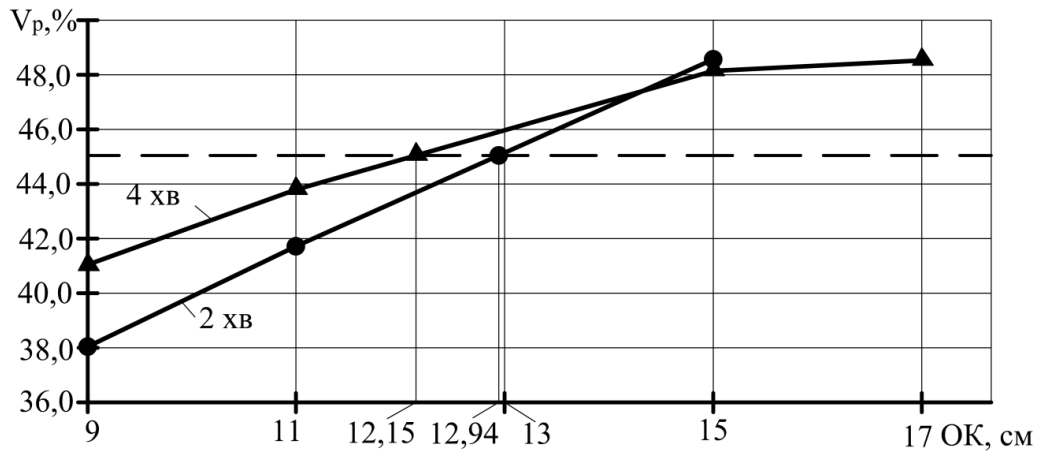


Рис. 2. Залежності пористості від рухливості розчинної суміші в разі її перемішування 2 та 4 хв; --- значення мінімальної пористості (45 %)

Пористість зразків реставраційної штукатурки, приготованої з цем'яркової розчинної суміші, перемішуваної 4 хв, зростає з 41,4 до 48,5 % в разі збільшення рухливості суміші відповідно від 9 до 17 см, тобто приріст пористості становить 7,1 пункту. Отримані результати дають підстави стверджувати, що зі збільшенням тривалості перемішування суміші пористість уповільнює свій приріст. Отже, показники пористості штукатурних зразків за рухливості суміші в межах 12,15 – 17 см осадки конуса задовольняють вимоги (>45 %) за умови її перемішування впродовж 4 хв.

З аналізу результатів досліджень випливає, що коефіцієнт опору дифузії водяної пари знижується в разі збільшення рухливості розчинної суміші (рис. 3).

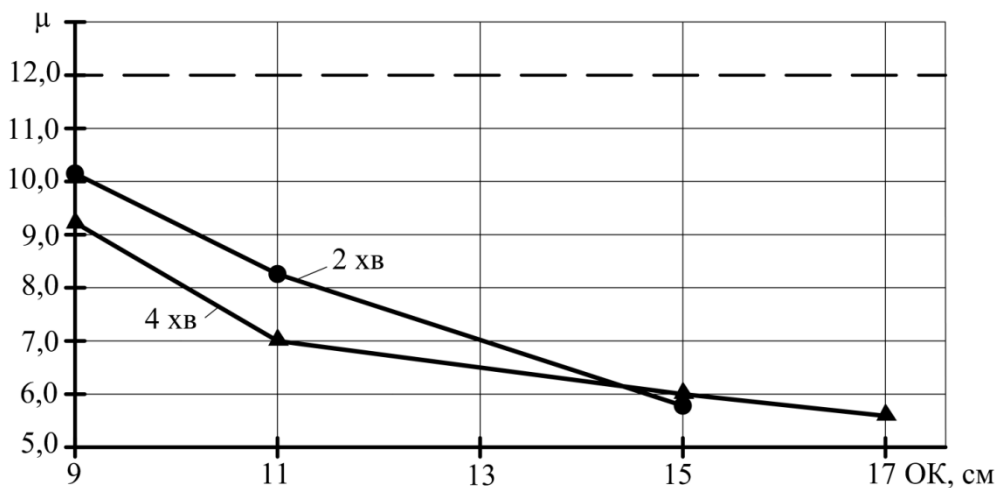


Рис. 3. Залежності коефіцієнта опору дифузії водяної пари від рухливості розчинної суміші в разі її перемішування 2 та 4 хв; --- значення максимального показника (12)

Так, зі збільшенням рухливості суміші від 9 до 15 см ОК в разі перемішування її 2 хв значення коефіцієнта опору дифузії водяної пари знижується на 43,1 % – з 10,2 до 5,8. Значення показника знижується й у разі перемішування 4 хв зі збільшенням рухливості суміші від 9 до 17 см ОК, різниця становить 39,1 %, коефіцієнт μ змінюється з 9,2 до 5,6. Слід зазначити, що всі значення показника коефіцієнта опору дифузії водяної пари не перевищують 12 і задовольняють нормативні вимоги [2].

Залежності, наведені на рис. 4, ілюструють, що міцність на стиск знижується майже

пропорційно збільшенню рухливості суміші від 9 до 17 см ОК за умови чотирьохвилинного перемішування розчинної суміші під час її приготування і від 9 до 15 см – за умови двохвилинного.

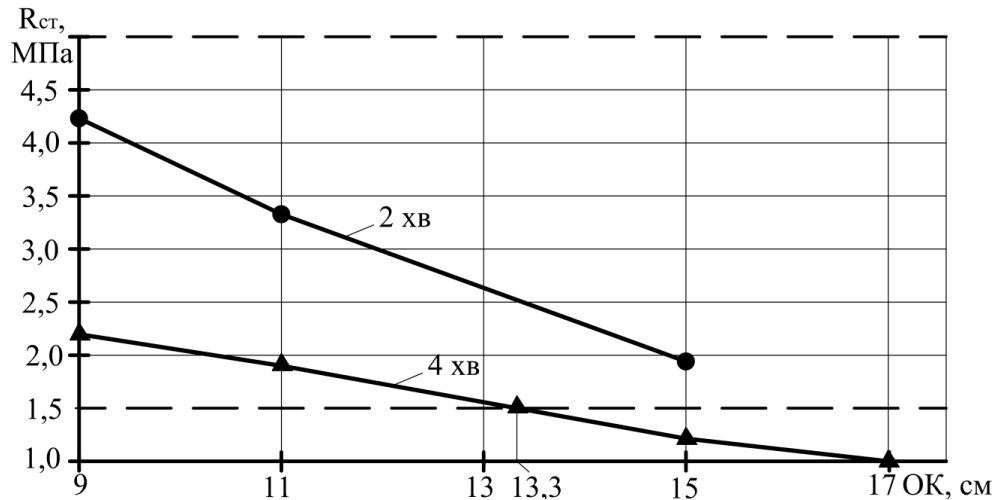


Рис. 4. Залежності міцності на стиск від рухливості розчинної суміші в разі її перемішування 2 та 4 хв; --- – рекомендовані межі значень міцності на стиск (1,5...5,0 МПа)

Міцність штукатурних зразків, виготовлених перемішуванням суміші 2 хв, майже у 2 рази вища, ніж перемішуванням 4 хв, і становить відповідно 4,28 та 2,2 МПа за рухливості суміші 9 см ОК, а за рухливості суміші 15 см – 1,98 та 1,2 МПа. Міцність на стиск штукатурних зразків залишається в межах, рекомендованих нормативними документами, при будь-якому з досліджуваних значень рухливості розчинної суміші, яку перемішували під час приготування впродовж 2 хв.

Міцність на стиск штукатурних зразків, розчинну суміш для яких готували перемішуванням впродовж 4 хв, знижується з 2,2 МПа до 1,0 МПа зі збільшенням рухливості суміші відповідно від 9 до 17 см ОК, а зі збільшенням рухливості від 13,3 до 17 см має недопустимі значення, які нижчі за рекомендовані 1,5 МПа.

Зміну фізико-механічних показників штукатурки в разі зміни рухливості розчинної суміші можна пояснити тим, що вода під час твердіння розчину випаровується, залишаючи на своєму місці пори. Тобто, збільшення кількості води в розчинній суміші призводить до зростання пористості розчину, зменшення його коефіцієнта опору дифузії водяної пари та міцності на стиск.

Крім того, виконано додатковий експеримент, що передбачав двоступеневе перемішування розчинної суміші по 2 хв через 5 хв перерви. Результати цих досліджень наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Значення фізико-механічних показників цем'янкової штукатурки при різних рухливостях і тривалості перемішування розчинної суміші під час її приготування

№ серії дослідів	Тривалість перемішув. розчинної суміші, хв	Показник	Значення показника при рухливості розчинної суміші, см ОК				Вимоги норм до показників
			9	11	15	17	
4	2×2 хв через 5 хв перерви	Наявність та ширина розкриття тріщин, мм	2,2	2,0	1,8	1,0	Відсутні
		Пористість, %	-	-	-	-	>45
		Коефіцієнт опору дифузії водяної пари	-	-	-	-	<12
		Міцність на стиск, МПа	-	-	-	-	1,5 – 5,0

- – за наявності тріщин на фрагментах штукатурки, їхні фізико-механічні показники не визначали через непридатність таких зразків та в цілому штукатурки до використання.

Аналізом результатів, наведених у табл. 3, доведено, що двоступеневе перемішування

розчинної суміші під час її приготування (по 2 хв з перервою між перемішуваннями 5 хв) призводить до утворення тріщин штукатурного шару за будь-якої рухливості розчинної суміші.

Результати цього етапу досліджень дають підстави стверджувати, що тривалість перемішування розчинної суміші під час її приготування значною мірою впливає на утворення тріщин. Цей факт пов'язано з тим, що розчинна суміш на в'язучому з негашеного вапна має незначний строк тужавлення, тобто дуже швидко створює структуру штукатурки, а тому збільшення тривалості перемішування розчинної суміші під час приготування до 6 хв та 2 рази по 2 хв через 5 хв перерви руйнує початкову структуру штукатурки і тим самим ослаблює контакти між частинами, тому з подальшою втратою вологи зразок має усадочні тріщини.

Усе викладене дає підстави стверджувати, що для подальших досліджень слід прийняти тривалість перемішування розчинної суміші 2 хв, рухливість якої має бути 15 см осадки конуса.

Висновки

- Експериментально встановлено, що зі збільшенням рухливості розчинної суміші та тривалості її перемішування під час приготування пористість штукатурки і ймовірність появи в ній тріщин зростають, а опір дифузії водяної пари та міцність на стиск зменшуються. Щоб фізико-механічні показники досягли значень, рекомендованих нормами, готувати розчинну суміш слід впродовж 2 хв з рухливістю 15 см осадки конуса.

Використана література

1. Терновий В. І. Дослідження складу реставраційної цем'янкової штукатурки // В. І. Терновий, Р. Б. Гуцуляк, О. С. Молодід / Теорія і практика будівництва. – 2011. – Вип. 7.
2. WTA Merkblatt 2-2-91/D. Sanierputzsysteme. Deutsche Fassung. Stand Juli 1992 (Vorversion): Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. – WTA-, Munchen; 1992, 9 S. (<http://www.wta.de/>).
3. Молодід О. С. Виявлення технологічних чинників, які впливають на експлуатаційні показники штукатурок / Молодід О. С. // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2012. – № 1. – С. 66-69.
4. Осин Б. В. Негашеная известь как новое вяжущее вещество / Б. В. Осин. Москва. – 1954. – 372 с.
5. Борщевский Ю. А. Строительные растворы повышенной прочности на основе молотой извести кипелки: дис. канд. техн. наук / Ю. А. Борщевский. – Киев, 1953. – 177 с.

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

Молодід Олександр Станіславович – асистент кафедри технології будівельного виробництва Київського національного університету будівництва і архітектури.