

УДК 693.61:69.059.25

О. С. Молодід, асистент (КНУБА, Київ)

## ЗАЛЕЖНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ РЕСТАВРАЦІЙНОЇ ЦЕМ'ЯНКОВОЇ ШТУКАТУРКИ ВІД СПОСОБУ УЩІЛЬНЕННЯ ШТУКАТУРНОЇ СУМІШІ

**АНОТАЦІЯ:** наведено результати досліджень впливу способу ущільнення запропонованої реставраційної цем'янкової штукатурки, після її формування в опалубку, на створення в ній тріщин, міцність на стиск, міцність зчеплення з основою та пористість.

**Ключові слова:** реставрація, цем'янкова штукатурка, ущільнення, штикування, вібрування, розчинна суміш, фізико-механічні показники.

**АННОТАЦИЯ:** приведены результаты исследований влияния способа уплотнения предложенной реставрационной цементной штукатурки, после ее формирования в опалубку, на создание в ней трещин, прочность на сжатие, прочность сцепления с основанием и пористость.

**Ключевые слова:** реставрация, цементная штукатурка, уплотнения, штыкование, вибрирование, растворная смесь, физико-механические показатели.

**SUMMARY:** the effects of compaction method proposed restoration tsemyankovoyi plaster, after its formation in formwork, to create it cracks, the compressive strength, the strength of adhesion to the base and porosity.

**Keywords:** restoration, tsemyankova plaster, seal, shtykvannya, vibration, mortar mix, physical-mechanical parameters.

**Постановка проблеми.** За результатами аналітичних та експериментальних досліджень було запропоновано реставраційну цем'янкову штукатурну розчинну суміш [1]. Лабораторні дослідження запропонованого матеріалу показали, що його експлуатаційні показники відповідають вимогам, установленим Європейською асоціацією реставраторів [2]. Опираючись на загальновідомі положення, автор установив [3], що під впливом певних технологічних чинників, фізико-механічні показники запропонованої штукатурки можуть змінюватись. Для вивчення впливу технології штукатурення, способом формування розчинної суміші в опалубку, на експлуатаційні показники штукатурки із запропонованого матеріалу було виконано ряд експериментальних досліджень [4].

**Ціль цієї статті** – викладення результатів досліджень впливу способу ущільнення штукатурної розчинної суміші в опалубці на фізико-механічні показники цем'янкової штукатурки.

**Виклад основного матеріалу.** Експериментальні дослідження виконували в лабораторії, з температурою повітря 18 – 20° С і вологості повітря близько 50 %.

На окремих цеглинах було виготовлено фрагменти штукатурки, методом формування розчинної суміші в прикріплену до цегли опалубку-бортоснастку розміром 250 x 120 мм.

Першого дня на основу для штукатурки на всі цеглини нанесли ґрунтовку «Ceresit СТ 17». На другий день на 50 % площі основи (проґрунтованої поверхні) нанесли контактний шар з допомогою трафарету. Третього дня, безпосередньо перед початком укладання розчинної суміші, поверхню цегли з контактним шаром зволожили до 12 % і відразу ж влаштовували штукатурний шар. Для цього до цегли кріпили опалубку-бортоснастку, змащену мастилом «АГАТ-С5».

Розчинну суміш, з водов'язучим відношенням рівним 1,1, перемішували під час приготування в продовж 2 хвилин.

У дві опалубки-бортоснастки укладали розчинну суміш без ущільнення. У наступні чотири опалубки-бортоснастки укладали розчинну суміш, штикуючи її в двох опалубках по 20 раз металевим стрижнем діаметром 6 мм і в двох інших – 40 раз. Ще в шести опалубках-бортоснастках розчинну суміш ущільнювали вібруванням опалубки. Для вібрування, до бокової металевої сторони опалубки прикладали зусилля перфоратора в режимі «удар». За



хвилину перфоратор виконував 2550 ударів, енергією 2,2 Дж кожен. Таким способом суміш у кожних двох із шести опалубок, вібрували впродовж 10, 30 та 60 с.

Через 24 години, після формування штукатурки, бортоснастка знімали з цегли і оглядали штукатурку на наявність тріщин. Огляд періодично повторювали впродовж наступних 27 діб. За результатами оглядів на отриманих зразках штукатурки тріщин не було виявлено.

Із фрагментів штукатурок розміром 250 x 120 мм вирізали зразки, для визначення їх фізико-механічних показників (міцності на стиск, міцності зчеплення з основою, пористості) за стандартними методиками. Результати дослідів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні показники цем'янової штукатурки при різних способах ущільнення розчинної суміші

| № серії дослідів              | Спосіб ущільнення        | Фізико-механічні показники штукатурки: |         |                                   |         |               |        |
|-------------------------------|--------------------------|--|---------|-----------------------------------|---------|---------------|--------|
|                               |                          | міцність на стиск, МПа                 |         | міцність зчеплення з основою, МПа |         | пористість, % |        |
| 1                             | без ущільнення           | 1,85                                   | 100 %   | 0,441                             | 100 %   | 48,7          | 100 %  |
| 2                             | штикування 20 раз        | 2,01                                   | 108,6 % | 0,450                             | 102,0 % | 46,8          | 96,0 % |
| 3                             | штикування 40 раз        | 2,12                                   | 114,6 % | 0,461                             | 104,5 % | 44,6          | 91,6 % |
| 4                             | вібрування опалубки 10 с | 1,89                                   | 102,1 % | 0,446                             | 101,0 % | 47,6          | 97,7 % |
| 5                             | вібрування опалубки 30 с | 2,11                                   | 114,0 % | 0,460                             | 104,3 % | 44,4          | 91,1 % |
| 6                             | вібрування опалубки 60 с | 2,23                                   | 120,5 % | 0,469                             | 106,3 % | 43,3          | 88,9 % |
| Вимоги нормативних документів |                          | 1,5 - 5                                |         | > 0,4                             |         | > 45          |        |

Експеримент показав, що при ущільненні суміші штикуванням, міцність штукатурки збільшується майже пропорційно збільшенню кількості разів штикування. Міцність штукатурки, розчинну суміш якої штикували 20 раз, збільшилась на 0,16 МПа у порівнянні із міцністю штукатурки, суміш якої не ущільнювали, а штукатурка, суміш якої штикували 40 раз, має міцність на стиск більшу на 0,27 МПа. Отже, міцність на стиск штукатурних зразків збільшилась на 8,6 % та 14,6 % при штикуванні суміші 20 та 40 разів відповідно, у порівнянні із штукатуркою, суміш якої не ущільнювали.

Аналогічна тенденція збільшення міцності на стиск штукатурних зразків, спостерігається і при збільшенні тривалості вібрації опалубки. Міцність на стиск зразків штукатурки, суміш якої вібрували 10 с, 30 с та 60 с на 2,0 %, 14,0 % та 20,5 % відповідно, вища у порівнянні із штукатуркою, суміш якої не вібрували взагалі.

За результатами експериментів побудовано графіки зміни міцності на стиск штукатурки в залежності від різної кількості роботи ущільнення (рис.1, а, б). Ці залежності апроксимовані математичними функціями.

Отже, міцність штукатурки на стиск змінюється при зміні кількості роботи ущільнення за наступними математичними залежностями:

- при штикуванні:

$$R_{ct} = -6 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 9,2 \cdot 10^{-3} \cdot n + 1,85 \quad (1)$$

де  $n$  – кількість штикування, разів.

- при вібруванні:

$$R_{ct} = -6 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 + 1,06 \cdot 10^{-2} \cdot t + 1,82 \quad (2)$$

де  $t$  – тривалість вібрування, с.

У цілому слід відмітити, що показники міцності на стиск штукатурки, за результатами всіх дослідів, знаходяться в межах від 1,5 до 5,0 МПа і задовольняють Вимогам нормативних документів до реставраційних штукатурок [2].

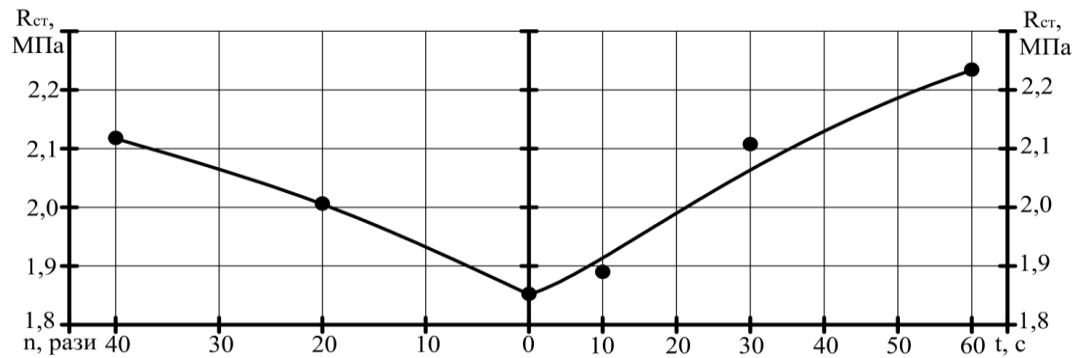


Рис. 1. Залежність міцності штукатурки на стиск від зміни кількості роботи ущільнення розчинної суміші: *a* – штикування; *б* – вібрування.

Міцність зчеплення штукатурного шару з основою на 2,0 % вища при штикуванні розчинної суміші металевим стрижнем 20 разів і на 4,5 % при штикуванні 40 разів, у порівнянні із штукатурним шаром, суміш якого не штикували

Експеримент, також, засвідчив, що збільшення тривалості вібрування опалубки збільшує міцність зчеплення з основою. Так, зі збільшенням тривалості вібрування до 10 с міцність зчеплення з основою збільшується на 1,1 %. Підвищення міцності зчеплення зі збільшенням тривалості вібрування до 30 с та до 60 с складає 4,3 % і 6,3 % відповідно. За результатами експериментів побудовано графіки зміни міцності зчеплення штукатурки з основою в залежності від різної кількості роботи ущільнення (рис.2, а, б). Ці залежності апроксимовані математичними функціями.

Таким чином, міцність зчеплення з основою змінюється при зміні роботи ущільнення за наступними математичними залежностями:

- при штикуванні:

$$R_{bf} = 3 \cdot 10^{-6} \cdot n^2 + 4 \cdot 10^{-4} \cdot n + 0,441 \quad (3)$$

де  $n$  – кількість штикування, разів.

- при вібруванні:

$$R_{bf} = -5 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 + 8 \cdot 10^{-4} \cdot t + 0,44 \quad (4)$$

де  $t$  – тривалість вібрування, с.

Слід зазначити, що всі значення показника міцності зчеплення штукатурки з основою більші ніж 0,4 МПа і задовольняють нормативні вимоги [2].

Пористість штукатурки, суміш якої не ущільнювали, складає 48,7 %, а штукатурки, суміш якої штикували стрижнем 20 разів - 46,8 %, що нижче на 4,0 % від пористості штукатурки, суміш якої не штикували. При збільшенні кількості штикування розчинної суміші до 40 разів, пористість штукатурки знизиться до 44,6 %, що нижче від необхідного, установленого нормами [2]. Нормоване значення пористості передбачено не нижче 45 %.

Пористість штукатурки, розчинну суміш якої ущільнювали вібруванням опалубки протягом 10 с, знизилась на 2,2 % у порівнянні із штукатуркою, суміш якої не вібрували. При вібруванні опалубки з штукатурною сумішшю протягом 30 с та 60 с пористість штукатурки знижується, відповідно на 8,8 % та 11,0 % і складає 44,4 % та 43,3 %, що нижче за мінімальне необхідне значення в 45 %.

За результатами експериментів побудовано графіки зміни пористості штукатурки в залежності від різної кількості роботи ущільнення (рис.3, а, б), ці залежності апроксимовані математичними функціями.

Отже, пористість штукатурки змінюється при зміні роботи ущільнення за наступними математичними залежностями:

- при штикуванні:

$$V_p = -4 \cdot 10^{-4} \cdot n^2 - 8,75 \cdot 10^{-2} \cdot n + 48,7 \quad (5)$$

де  $x$  – кількість штикування, разів.

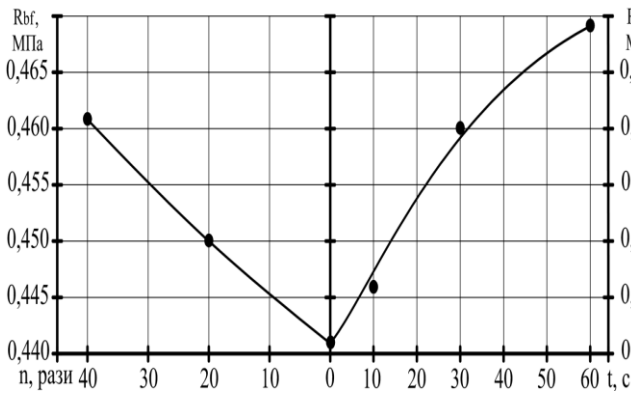


Рис. 2. Залежність міцності зчеплення штукатурки з основою від зміни кількості роботи ущільнення розчинної суміші: а – штикування; б – вібрування.

- при вібруванні:

$$V_p = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 0,192 \cdot t + 48,93 \quad (6)$$

де  $t$  – тривалість вібрування, с.

Результати досліджень та їх графічна ілюстрація свідчать, що для отримання необхідної пористості штукатурки (більше 45 %) кількість роботи ущільнення запропонованої розчинної суміші необхідно обмежити (див. рис. 3, табл. 2).

Таблица 2.

Кількість роботи ущільнення розчинної суміші, при якій пористість штукатурки більша 45 %

| № п/п | Спосіб ущільнення                    | Рекомендована кількість ущільнюючої роботи |
|-------|--------------------------------------|--|
| 1     | штикування металевим стрижнем, разів | від 0 до 36                                |
| 2     | вібрування перфоратором опалубки, с  | від 0 до 26                                |

**Висновки:**

1. На функціональну якість реставраційної цем'янкової штукатурки значний вплив має спосіб ущільнення розчинної суміші після її укладання в опалубку.
2. Штукатурка має необхідну міцність на стиск (1,5 – 5 МПа) при ущільненні як штикуванням так і вібруванням. Міцність на стиск зростає пропорційно зі збільшенням роботи ущільнення.
3. Міцність зчеплення штукатурки з основою більша 0,4 МПа виявлена при будь-якому із досліджуваних способів ущільнення розчинної суміші.
4. Пористість штукатурки більша 45 % зберігається при ущільненні розчинної суміші штикуванням до 36 разів або вібруванням опалубки не довше 26 с.

*Література*

1. Терновий В. І. Дослідження складу реставраційної цем'янкової штукатурки / В. І. Терновий, Р. Б. Гуцуляк, О. С. Молодід // Теорія і практика будівництва. – Київ: КНУБА. – 2011. Вип.7. – С. 19-22.
2. 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. – [Електронний ресурс]. – режим доступу: <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. – Вінниця : Універсум-Вінниця. – 2012. – № 1. – С. 66 – 69.
4. Терновий В. І. Дослідження впливу технологічних чинників на основні показники цем'янкової штукатурки / В. І. Терновий, О.С.Молодід / Вісник ОДАБА. – Одеса : «Зовнішпрекламсервіс». – 2012. – Вип. 47. – С. 322 – 327.