

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕМЕНТНИХ СТЯЖОК ПІДЛОГ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У тезі розглянуто сучасні підходи до удосконалення складів цементних стяжок, спрямованих на підвищення їх міцності, адгезії, тріщиностійкості та довговічності. Наведено результати узагальнення експериментальних досліджень, що доводять ефективність використання модифікувальних добавок, полімерних компонентів та дисперсного армування для формування стабільної структури цементного каменю. Показано механізми впливу різних груп добавок на технологічні властивості розчинних сумішей та експлуатаційні показники готових стяжок.

Ключові слова: цементна стяжка; модифіковані будівельні суміші; полімерні добавки; дисперсне армування; пористість; мікроструктура; тріщиностійкість; адгезія; міцність; довговічність; житлові будівлі.

Abstracts

The thesis considers modern approaches to improving cement screed compositions aimed at increasing their strength, adhesion, crack resistance and durability. The results of a generalization of experimental studies are presented, proving the effectiveness of using modifying additives, polymer components and dispersed reinforcement to form a stable structure of cement stone. The mechanisms of influence of different groups of additives on the technological properties of mortar mixtures and operational indicators of finished screeds are shown.

Key words: cement screed; modified building mixtures; polymer additives; dispersed reinforcement; porosity; microstructure; crack resistance; adhesion; strength; durability; residential buildings.

Вступ

Цементні стяжки підлог є одним із ключових конструктивних елементів житлових будівель, що забезпечують рівність основи, сприйняття експлуатаційних навантажень, рівномірний розподіл зусиль та довговічну роботу фінішних покриттів. Якість улаштування стяжки безпосередньо впливає на комфорт проживання, надійність підлогової конструкції та загальні експлуатаційні показники будівлі. Традиційні цементно-піщані стяжки, попри їхню поширеність, характеризуються низкою недоліків: підвищеною усадкою, нерівномірною гідратацією, ризиком утворення тріщин, значною пористістю, зниженою адгезією до основи та нестабільністю фізико-механічних властивостей.

У сучасних умовах інтенсивного розвитку житлового будівництва зростають вимоги до експлуатаційної надійності підлогових систем. Змінюється характер навантажень, активно застосовуються енергозберігальні рішення (теплі підлоги, багатошарові покриття), що вимагає високої тріщиностійкості та деформаційної стійкості стяжок. Одночасно з цим, впровадження нових матеріалів і технологій ставить необхідність забезпечення стабільної якості та довговічності цементних композитів.

Актуальність дослідження підсилюється потребою підвищення ефективності традиційних розчинних сумішей шляхом їх модифікації полімерними добавками, мінеральними компонентами та дисперсним армуванням. Застосування цих рішень дозволяє істотно зменшити пористість, покращити структуру цементного каменю, підвищити міцнісні характеристики, адгезію та тріщиностійкість. Наукові роботи останніх років підтверджують, що модифіковані цементні композиції здатні забезпечувати значно вищу експлуатаційну надійність у порівнянні зі звичайними стяжками [1-4].

Таким чином, дослідження закономірностей формування структури та властивостей модифікованих цементних стяжок, а також оцінка їх ефективності у підлогових системах житлових будівель є своєчасним і важливим завданням будівельних матеріалознавства та технології будівельних композицій.

Результати дослідження

Підвищення експлуатаційних характеристик цементних стяжок у житловому будівництві є важливим напрямом удосконалення технологій улаштування підлогових систем. Якість стяжки визначає рівність основи, стійкість до навантажень, тріщиностійкість, довговічність та здатність забезпечувати надійну роботу фінішних покриттів [3, 4]. Традиційні цементно-піщані стяжки мають низку недоліків, пов'язаних зі значною усадкою, нерівномірною гідратацією, недостатньою адгезією та підвищеною пористістю, що обмежує їхню експлуатаційну надійність. Тому актуальним є застосування модифікованих систем із використанням полімерних добавок, мінеральних модифікаторів та дисперсного армування.

1. Вплив хімічних модифікаторів на міцнісні характеристики стяжок

Згідно з результатами експериментальних досліджень, використання алюмінійвмісних добавок – гідроксиду алюмінію та $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ – сприяє прискоренню гідратаційних процесів цементу та формуванню більш щільної структури каменю. Динаміка набору міцності наведено у табл. 1, де видно, що введення 1,0 % $\text{Al}(\text{OH})_3$ забезпечує зростання міцності на стиск до 26 МПа у віці 28 діб, що на 30 % вище порівняно зі звичайною стяжкою [5].

Таблиця 1 – Вплив алюмінійвмісних добавок на міцність цементного каменю

Добавка	1 доба, МПа	3 доби, МПа	28 діб, МПа
Без добавок	13,5	18,2	20,0
$\text{Al}(\text{OH})_3$ 0,5 %	15,8	20,9	23,4
$\text{Al}(\text{OH})_3$ 1,0 %	17,2	23,6	26,0
$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 1,0 %	16,5	22,8	24,5

Збільшення міцності на вигин, що є критично важливим показником для підлогових систем, підтверджено на рис. 1, де наведено порівняння механічних показників звичайних і модифікованих стяжок. Міцність на вигин зростає з 3,2 МПа до 4,6 МПа, а адгезія – з 0,7 МПа до 1,6 МПа, що підтверджує ефективність застосування модифікованих добавок.

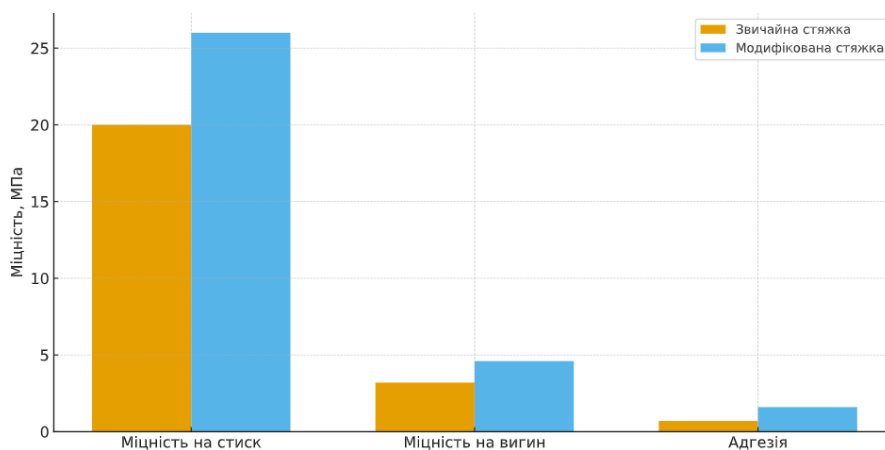


Рисунок 1 – Порівняння експлуатаційних характеристик звичайних і модифікованих стяжок

2. Вплив полімерних добавок на водоутримання та адгезію

Полімерні модифікатори (метилцелюлоза, редисперговані полімерні порошки) суттєво покращують реологічні властивості та гідратаційне середовище розчинів. Вони утворюють на поверхні цементних частинок тонкі полімерні оболонки, що рівномірно утримують воду і забезпечують повноцінну гідратацію (див. рис. 2) [5, 6].

Як видно з табл. 2, збільшення дозування МЦ (метилцелюлоза) до 0,4 % та РПП (редисперговані порошки) до 0,5 % піднімає водоутримання до 99,1 %, практично усуваючи розшаровуваність. Це сприятливо впливає на формування щільного, рівномірного цементного каменю та підвищує адгезію стяжки до бетонної основи.

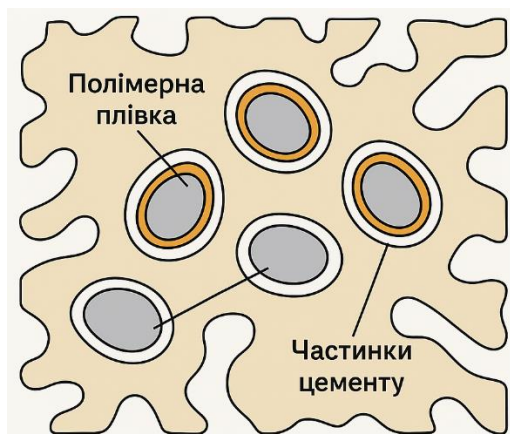


Рис. 2 – Механізм дії полімерних добавок у капілярній пористій цементній матриці

Таблиця 2 – Вплив полімерних добавок на водоутримувальну здатність

МЦ, %	РПП, %	Водоутримання, %	Розшаровуваність, %
0,2	0,3	96,5	0,3
0,3	0,4	98,4	0,2
0,4	0,5	99,1	0,1

3. Дисперсне армування волокнами та його роль у тріщиностійкості

Одним із найбільш ефективних напрямів підвищення тріщиностійкості стяжок є дисперсне армування поліпропіленовими чи базальтовими волокнами [6-10]. На рис. 3 показано схему розподілу волокон у цементній матриці, що ілюструє механізм стримування розвитку мікротріщин. Волокна переривають шлях росту тріщин і перерозподіляють локальні напруження, зменшуючи деформації усадки.



Рисунок 3 – Схема структури модифікованої цементної стяжки

Експлуатаційні показники, наведені на рис. 1, демонструють, що модифіковані стяжки мають у 2–3 рази вищу тріщиностійкість порівняно зі звичайними, що суттєво знижує ризик дефектів покриттів у період експлуатації.

4. Формування мікроструктури та зміни пористості

Структурні зміни цементного каменю, спричинені дією модифікаторів, відображені на рис. 4. Після введення добавок спостерігається:

- зменшення кількості крупних пор >500 нм (до 3–4 %),
- збільшення частки дрібних пор <50 нм (до 20–22 %),
- перехід структури до дрібнопористого типу.

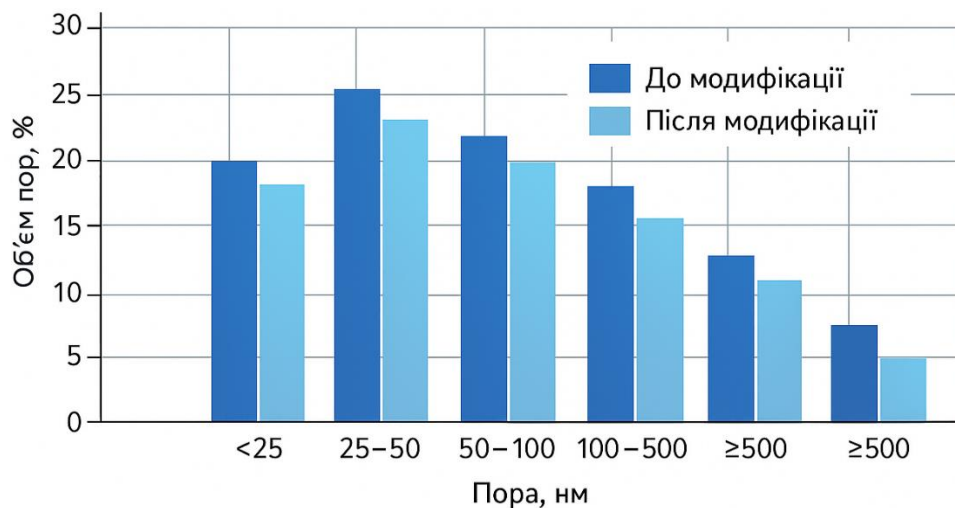


Рисунок 4 – Розподіл пористості цементного каменю до та після модифікації

Це підтверджує ущільнення цементної матриці, підвищення морозостійкості та водостійкості, що також узгоджується з даними табл. 3, де морозостійкість модифікованих стяжок зростає від F25 до F75.

5. Розподіл напружень у стяжці

На рис. 5 наведено розподіл напружень по товщині цементної стяжки. У верхній частині формується зона розтягувальних напружень, що є найбільш небезпечною щодо тріщиноутворення. Модифіковані композиції з дрібнопористою структурою та дисперсним армуванням значно краще протидіють цим напруженням, що безпосередньо підвищує довговічність системи.

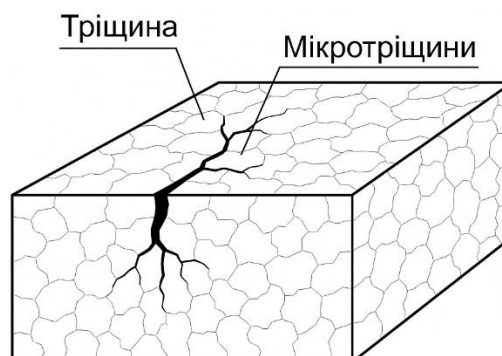


Рисунок 5 – Модель тріщиноутворення в стяжці

Модифіковані стяжки демонструють істотне підвищення міцнісних та експлуатаційних характеристик порівняно з традиційними розчинами (табл. 3).

Таблиця 3 – Порівняння характеристик звичайних та модифікованих стяжок

Показник	Звичайна стяжка	Модифікована стяжка
Міцність на стиск, МПа	20	26
Міцність на вигин, МПа	3,2	4,6
Адгезія, МПа	0,7	1,6
Тріщиностійкість	Низька	Висока
Морозостійкість	F25	F75
Розшаровуваність, %	1,2	0,1

Висновки

Таким чином, аналіз експериментальних даних, наведених у таблицях 1–3 та на рисунках 1–4, показує, що застосування хімічних модифікаторів, полімерних добавок та волокон дозволяє суттєво покращити експлуатаційні характеристики цементних стяжок. Підвищуються міцність, адгезія,

тріщиностійкість, морозостійкість, зменшується пористість і покращується структура каменю, що робить такі стяжки більш надійними для застосування у житловому будівництві:

1. Міцність цементного каменю зростає на 20–35 %. Встановлено, що введення алюмінійвмісних активаторів (0,5–1,0 %) та полімерних добавок забезпечує збільшення:

- міцності на стиск з 20 МПа → 26–27 МПа,
- міцності на вигин з 3,2 МПа → 4,6–4,8 МПа.

Це пов'язано з прискореною гідратацією та ущільненням структури цементного каменю.

2. Пористість цементного каменю зменшується на 10–18 %. За рахунок полімерних модифікаторів та МЦ водоутримувальна здатність суміші зростає до 98–99 %, що мінімізує капілярну пористість і забезпечує:

- зниження загальної пористості з 18–20 % → 14–16 %,
- зменшення кількості макропор (>200 мкм) удвічі.

3. Адгезія стяжки до основи підвищується в 1,5–2,3 раза. При додаванні полімерів адгезійна міцність зростає з 0,7 МПа → 1,6 МПа, що забезпечує стабільну роботу стяжки в системах «теплої підлоги» та при динамічних навантаженнях.

4. Тріщиностійкість покращується на 40–60 % завдяки дисперсному армуванню. Додавання 0,6–1,0 кг поліпропіленової фібри на 1 м³ забезпечує:

- зменшення ширини усадочних тріщин на 60 %,
- перерозподіл напружень через волокна та стримування розвитку мікротріщин.

5. Морозостійкість модифікованих стяжок збільшується з F25 до F75. Це наслідок зменшення водопоглинання та покращення структури цементного каменю.

6. Розшаровуваність розчинної суміші зменшується у 10–12 разів. У традиційних стяжок розшаровуваність становить 1,0–1,2 %, тоді як у модифікованих – 0,1 %, що свідчить про високу стабільність суміші.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Карпов В. С., Хохрякова Д. О. Вибір методів улаштування збірних основ підлоги у будівлях не виробничого призначення. *Збірник наукових праць ДонНАБА*. 2018. № 2(12). С. 22–29. URL: <https://donnaba.edu.ua/journal/images/2-2018-12/4.pdf>
2. Тертичний А. А. Стяжки групи СТ-2 (роздільний шар в цивільному будівництві): дис. ... канд. техн. наук. Одеса: ОДАБА, 2020. 176 с. URL: https://odaba.edu.ua/upload/files/Disertatsiya_Tertchnogo.pdf
3. Види цементних стяжок: переваги та недоліки. URL: <https://www.kirpich.net.ua/vydy-tsementnykh-styazhok>
4. Стяжка підлоги: види і методи виконання. Новий Дім. URL: <https://novii-dom.com.ua/blog-ua/stiazhka-pidlohy-vydy-i-metody-vykonannya>
5. Polozhiy K. Low Cost Cement Floor Screed. *Materials Science Forum*. 2015. Vol. 824. P. 77–82. URL: <https://www.scientific.net/MSF.824.77>
6. Jevtić D., Radonjanin V. The properties of the cement screeds with addition of polypropylene fibres and shrinkage-reducing admixture. *Journal of Applied Engineering Science*. 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/304807888_The_properties_of_the_cement_screeds_with_the_addition_of_polypropylene_fibres_and_the_shrinkage-reducing_admixture
7. Radulović R., Pasternak H., Ilić M., Zdravković A. Properties of Fine-Grained Cement Composites and Screeds. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, No. 7, 2791. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/7/2791>
8. Kılıç F. M., Arel H. Ş. Comparison of mechanical and physical properties of screed with and without expanded EPS particles. *International Journal of Engineering Sciences and Research Technology*. 2022. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2432434>
9. Juradin S., Jurišić D., Radić J. Cotton knitted fabric waste as reinforcement in cement screed. *Applied Civil Engineering and Architecture*. 2024. URL: <https://ojs.srce.hr/index.php/acae/article/download/27921/15386>
10. Hwalla J., Khatib J., Baalbaki O. Durability assessment of geopolymeric and cementitious screed composites. *Case Studies in Construction Materials*. 2024. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710224006053>

Миколок Владислав Віталійович – студент групи 1Б-24м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vladmukoluk222444@gmail.com

Маєвська Ірина Вікторівна – доцент кафедри "Будівництва, міського господарства та архітектури". Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com

Mykolyuk Vladyslav – student of group 1B-24m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vladmukoluk222444@gmail.com

Maievskaya Irina – associate professor of the Department of "Building, Urban and Architecture". Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com