

УДК 667.637:691.42

Гивлюд М. М.,  
д.т.н., проф., професор кафедри будівельного виробництва, Національний університет  
“Львівська політехніка”, м. Львів

Найвер І. Л.,  
к.т.н., доц., доцент кафедри товарознавства та технологій непродовольчих товарів, Львівсь-  
кий торговельно-економічний університет, м. Львів

Семенів Р. М.,  
аспірант, Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

## ВПЛИВ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ

*Анотація.* Обґрунтовано та методом математичного планування експерименту з врахуванням впливу захисного покриття на водопоглинання, адгезійну міцність і морозостійкість визначено та запропоновано його оптимальний склад. Визначено глибину проникнення захисного покриття та її роль у формуванні адгезійного контакту у процесі затвердіння. Експериментально підтверджено зниження відкритої пористості керамічної цегли за показником водопоглинання та вплив захисного покриття на водостійкість обробленого матеріалу. Кількісно оцінено зміну морозостійкості та теплопровідності керамічної цегли залежно від складу захисного покриття. Підтверджено можливість використання розроблених складів захисних покриттів для підвищення довговічності будівельних конструкцій з керамічної цегли, які експлуатуються в умовах високої вологості та дії зовнішніх агресивних чинників.

**Ключові слова:** керамічна цегла, захисне покриття, водопоглинання, водостійкість, морозостійкість, теплопровідність.

Huvlyud M. M.,  
Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Building Production, National  
University “Lviv Polytechnic”, Lviv

Nayver I. L.,  
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Research and  
Technologies of Non-food Products, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Semeny R. M.,  
Postgraduate, National University “Lviv Polytechnic”, Lviv

## THE INFLUENCE OF PROTECTIVE COATING ON THE DURABILITY OF CERAMIC BRICK

*Abstract.* By using the mathematical planning method, substantiated, determined and proposed the optimal composition of protective coating for ceramic brick taking into account its impact on water absorption, adhesion strength and freezeproof features. Defined penetration depth of protective coating and its role in the formation of adhesive contact in the process of solidification. Experimentally confirmed the open porosity reduction of ceramic brick in terms of water absorption and impact of protection coating on water resistance of treated material. Quantitatively evaluated the changing of freezeproof and thermal conductivity characteristics of ceramic brick depending on the composition of the protective coating. Confirmed the use of protective coatings compositions to improve the durability of building constructions made of ceramic bricks exposed to high humidity and external aggressive factors.

**Keywords:** ceramic brick, protective coating, water absorption, water resistance, freezeproof features, thermal conductivity.

**Постановка проблеми.** Корозія керамічних матеріалів поділяється за видом корозійного середовища, характером руйнування і процесів, які відбуваються в них. Фактори, які викликають корозію керамічних матеріалів, поділяються на внутрішні (термодинамічна стійкість, стан поверхні, структура і властивості) та зовнішні (температура середовища, перепад температур у системі, швидкість потоку і його динамічна характеристика, співвідношення між об'ємом та складом агресивного середовища). Агресивність корозійного середовища є поняттям порівняння, тобто одне середовище порівнюється за агресивністю з іншим, причому відносно певного виду керамічного матеріалу та його конкретного структурного стану. Серед переліку агресивних факторів, що впливають на будівельні керамічні матеріали, волога є найважливішою і вирішальною. Тому, незалежно від різних впливів (температурних, шкідливих газів, різних солей і навіть бактерій), всі вони пов'язані з вологою, адже вода в різних матеріалах володіє різними фізичними властивостями і залежно від цього розрізняють переважно такі види та способи її міграції: водяна пара, гігроскопічна вода, плівкова вода, гравітаційна, вода у твердій фазі.

Поряд з хімічним і фазово-мінералогічним складом найбільш значним фактором стійкості керамічних матеріалів є їх фізична будова.

Пористість суттєво впливає на стійкість, і найбільш стійкими є щільні матеріали. У разі зменшення пористості руйнування керамічних матеріалів зменшується до межі, яка залежить від характеру фаз. Руйнування в цьому випадку відбувається шляхом місцевого розриву – утворення мікрощілин або мікротріщин, які стають причиною подальших руйнувань.

Відомо, що фізико-технічні властивості неорганічних матеріалів залежать не тільки від мікроструктури, яка обумовлена розмірами, формою і розподілом мінеральних (фазових) індивідів, але й від об'ємної частини та геометрії пор.

Одним з найбільш ефективних способів захисту керамічної цегли від деструктивного впливу вологи та солей є просочення її екологічно безпечними хімічними сполуками поліфункціональної дії, наслідком чого є значне поліпшення експлуатаційних властивостей, підвищення довговічності та зменшення втрат тепла. Найбільше цим вимогам відповідають силіційорганічні сполуки, для яких властивий високий рівень фізико-механічних властивостей, гідрофільність і здатність зберігати високу проникність для газових середовищ, тобто “дихати”. Ця властивість у будівництві особливо важлива у випадку використання керамічної цегли як конструкційного матеріалу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо, що основними чинниками, які впливають на довговічність керамічного муру, є:

- зволоження в процесі експлуатації;
- поперемінне заморожування та відтанення;
- сольова корозія.

Дослідники, які займаються вивченням причин корозії будівельних матеріалів [1], зазначають, що практично всі процеси руйнування конструкційних елементів будівлі пов'язані з впливом на них вологи та з їх капілярно-пористою структурою, гідрофільністю, а також високою корозійною активністю води під час взаємодії з неорганічним матеріалом.

Наявність високої пористості допускає можливість фільтрації та підсосу води або зволоження внаслідок конденсації парів води, а також інтенсивної взаємодії керамічного матеріалу з рідким середовищем на розвиненій поверхні пористої системи. Проникаючи в пори будівельного матеріалу, вода розчиняє окремі її частинки, внаслідок чого зчеплення між ними слабшає, що призводить до зниження міцності [2].

Зниження міцності будівельних матеріалів під впливом вологи обумовлено також наявністю адсорбційного шару води, який легко мігрує поверхнею, яка деформується у зв'язку з повзучістю [3]. Внаслідок порушення рівноваги вологості між матеріалом і середовищем відбувається переміщення води в порах, яке викликає нерівномірний розподіл механічного навантаження, що в підсумку сприяє його руйнуванню, особливо у разі частого поперемінного зволоження та висихання. Таким чином, аналіз літератури показує, що підвищення довговічності керамічної цегли пов'язане з її захистом від проникнення води.

Для поліпшення експлуатаційних властивостей та підвищення довговічності керамічного муру широко застосовується метод поверхневого просочення гідрофобізуючими препаратами, в результаті чого досягається зниження проникності та пористості матеріалу і поглинання зовнішньої вологості [4]. Основні види просочуючих препаратів, які використовують для обробки пористих будівельних матеріалів, володіють переважно гідрофобізуючою дією, яка мало впливає на проникність газів, парів та рідин до матеріалу. Тому доцільно застосовувати такі препарати, що не лише гідрофобізують поверхню матеріалу, стінки пор та капілярів, але впливають на саму пористість матриці, яка просочується, шляхом кальматзації пор і тріщин [5]. Кальматуючий ефект можуть мати полімерні силіційорганічні сполуки, модифіковані оксидними та мінеральними речовинами різного хімічного походження [6].

**Постановка завдання.** Мета роботи полягає у розробленні складів захисних покриттів для модифікації поверхні керамічної цегли та їх впливу на довговічність цегляного муру.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Матеріалом для досліджень обрано керамічну цеглу вітчизняних виробників Західного регіону України:  
- ТОВ “Західклінкергруп” (м. Новий Розділ);  
- ТОВ “Керамікбудсервіс” (Івано-Франківська обл.).  
За своїм призначенням це переважно лицьова цегла, розміром 250×125×65 мм з відхиленням в межах регламентованих нормативно-технологічною документацією.

Таблиця 1

## Склади вихідних композицій

Варіант складу композиції	Вміст компонентів, мас. %				
	КО-921	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Мінеральна вата
1	35	50	15	-	-
2	35	50	-	15	-
3	40	46	15	-	4
4	40	46	-	15	4

Таблиця 2

## Глибина проникнення захисного покриття у керамічну матрицю

Керамічна цегла (виробник)	Глибина проникнення, мм			
	Варіант складу композиції			
	1	2	3	4
Червона (ТОВ “Керамікбудсервіс”)	2,2-2,4	2,6-2,8	2,0-2,2	2,2-2,4
Жовта (ТОВ “Західклінкергруп”)	2,4-2,8	2,3-2,5	1,8-2,2	1,9-2,2
Червона (ТОВ “Західклінкергруп”)	2,5-2,9	2,9-3,3	2,2-2,6	2,5-2,7

Таблиця 3

## Вплив захисного покриття на водопоглинання керамічної цегли

Варіант складу композиції для захисного покриття	Водопоглинання, мас. %							
	Цегла ТОВ “Західклінкергруп”				Цегла ТОВ “Керамікбудсервіс”			
	Термін перебування у воді, діб							
	1	10	20	30	1	10	20	30
Без покриття	12,3	12,4	12,5	12,5	16,4	16,5	16,5	16,5
1	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0	2,1	2,2	2,2
2	1,4	1,5	1,7	1,7	2,0	2,1	2,1	2,2
3	1,2	1,3	1,4	1,4	1,9	2,0	2,0	2,0
4	1,2	1,2	1,3	1,3	1,8	1,9	1,9	1,9

Компонентний склад вихідних композицій для захисних покриттів визначали за допомогою методу математичного планування експерименту з врахуванням його впливу на водопоглинання, адгезійну міцність покриття та морозостійкість обробленої цегли. Склади вихідних композицій для захисних покриттів наведено у табл. 1.

Вихідні композиції для захисних покриттів готували методом сумісного диспергування компонентів у кульових або бісерних млинах до максимального розміру мінерального наповнювача не більше 50 мкм. Текучість композиції повинна обмежуватися 22-30 с.

Якість покриття та забезпечення надійного захисного ефекту залежать від фізико-хімічних процесів, які відбуваються на межі контакту “цегла-захисний шар”. Наявність у структурі цегли відкритих пор та мікротріщин впливає на формування захисного шару і залежить від глибини проникнення покриття. Мінімальне значення глибини проникнення (табл. 2) зафіксовано для покриттів складу 3 (2,1-2,4 мм), а максимальне – для складу 2 (2,4-3,1 мм).

Під час експлуатації будівельні конструкції з керамічної цегли піддаються комплексній дії атмосферних чинників, а саме вологи та знакозміних температур. Тому було оцінено вплив захисного покриття на водопоглинання керамічної цегли (табл. 3).

Встановлено, що водопоглинання обробленої цегли після перебування у воді протягом 1 доби зменшується відповідно з 12,3 мас. % до 1,2-1,4 мас. % для керамічної цегли ТОВ “Західклінкергруп” та з 16,4 мас. % до 1,8-2,0 мас. % для цегли ТОВ “Керамікбудсервіс”. Збільшення терміну перебування у воді до 30 діб підвищує водопоглинання цегли на 0,3-0,5 мас. %. Таке зниження водопоглинання обробленої цегли захисними покриттями підтверджує їх високу ізолюючу здатність та високу гідрофобність захисного шару.

Значна водостійкість обробленої захисними покриттями керамічної цегли коригується за визначеними показниками коефіцієнта розм’якшення (табл. 4).

Зіставлення коефіцієнтів розм’якшення обробленої цегли показали, що їх значення зростають, порівняно з необробленою, на 6,3-11,1% у разі використання захисних покриттів складу 1 та 2. Під час введення до складу захисного покриття (складу 3 та

4) мінеральної вати водостійкість керамічної цегли підвищується на 16,2-21,1%.

Таблиця 4

**Залежність коефіцієнта розм'якшення обробленої цегли від складу захисного покриття**

Керамічна цегла (виробник)	Коефіцієнт розм'якшення, Кр				
	Варіант складу композиції				
	Без покриття	1	2	3	4
Червона (ТОВ "Керамікбудсервіс")	0,78	0,83	0,83	0,92	0,93
Жовта (ТОВ "Західклінкергруп")	0,79	0,86	0,86	0,93	0,95
Червона (ТОВ "Західклінкергруп")	0,78	0,84	0,84	0,90	0,91

Досліджено вплив захисного покриття на показник морозостійкості керамічної цегли (рис. 1) за втратою міцності на стиск після поперемінного заморожування-відтанення водонасиченого матеріалу.

Результати випробувань показують, що морозостійкість обробленої керамічної цегли зростає на 20-

23 цикли у разі використання захисних покриттів складу 1 та 2. Найвність у складі захисного покриття мінеральної вати підвищує показник морозостійкості на 32-36 цикли порівняно з необробленою цеглою.

Під час дослідження вивчався вплив захисного покриття на показник коефіцієнта теплопровідності керамічної цегли (табл. 5).

Таблиця 5

**Залежність коефіцієнта теплопровідності обробленої цегли від складу захисного покриття**

Варіант складу композиції для захисного покриття	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda$ , Вт/м·К		
	Цегла ТОВ "Західклінкергруп"		Цегла ТОВ "Керамікбудсервіс"
	жовта	червона	червона
Без покриття (суха)	0,523	0,540	0,585
Без покриття (насичена водою)	0,732	0,764	0,780
1	0,552	0,564	0,612
2	0,558	0,567	0,621
3	0,545	0,551	0,604
4	0,542	0,547	0,587

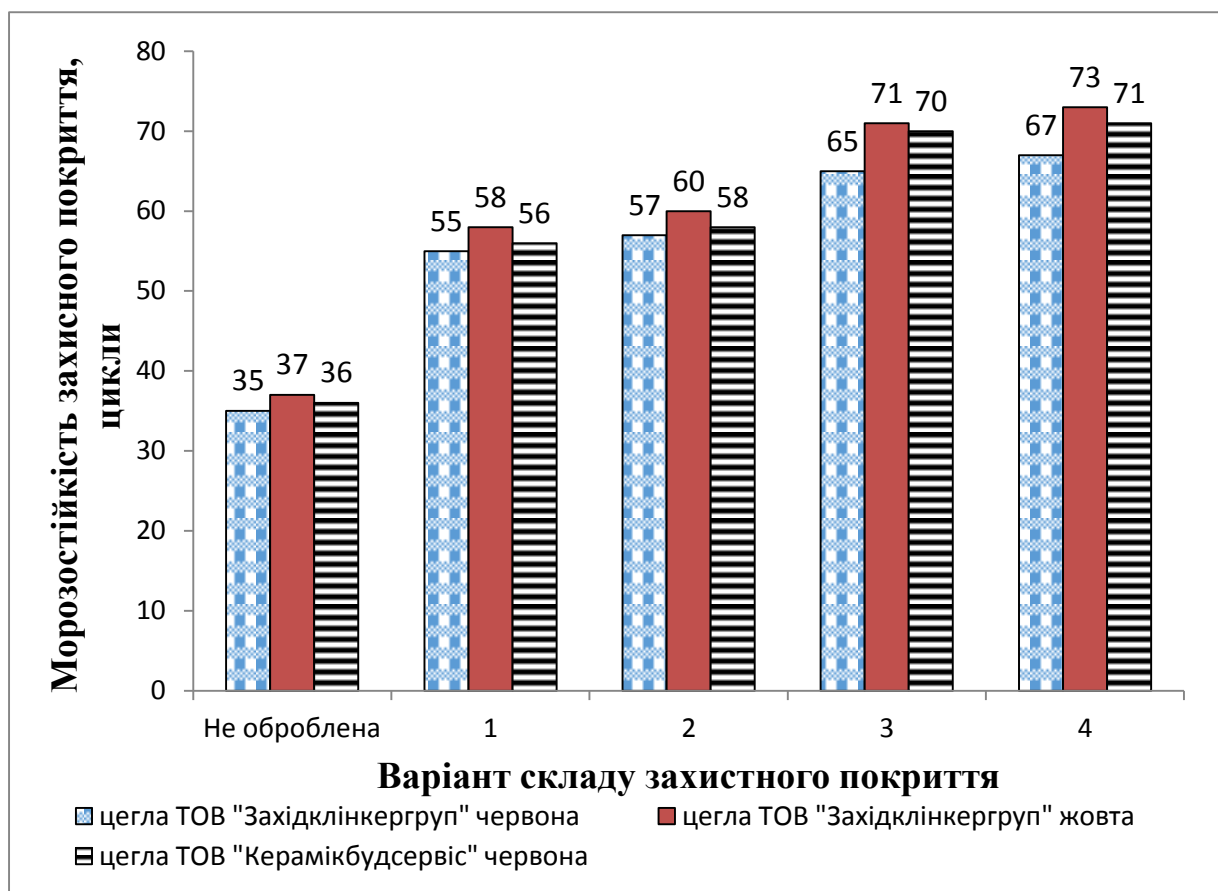


Рис. 1. Залежність морозостійкості керамічної цегли від складу захисного покриття

Порівняння теплофізичних властивостей необробленого матеріалу у сухому та водонасиченому станах показує, що коефіцієнт теплопровідності зростає з 0,585 до 0,780 Вт/м·К для цегли ТОВ “Західклінкергруп”. Обробка керамічної цегли захисними покриттями знижує коефіцієнт теплопровідності в межах 34-37% і 29% відповідно для виробів ТОВ “Західклінкергруп” та ТОВ “Керамікбудсервіс”.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.** У результаті дослідження було розроблено склади вихідних композицій для захисних покриттів на основі наповнених мінеральними компонентами поліметилфенілсилоксану із глибиною проникнення захисного покриття в керамічну матрицю, яка складає 1,9-3,3 мм. Встановлено вплив захисного покриття на водопоглинання та водостійкість керамічної цегли. Також була зазначена кількісна оцінка зміни показників морозостійкості та теплопровідності обробленої цегли від складу захисного покриття. Отримані результати підтверджують високу ізолюючу здатність розроблених складів захисних покриттів та можуть використовуватись для підвищення довговічності будівельних конструкцій з керамічної цегли, які експлуатуються в умовах високої вологості.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Инчик В. В. Солевая коррозия кирпичной кладки / В. В. Инчик // Строительные материалы. – 2000. – № 8. – С. 35.
2. Огородник И. В. Особенности производства эффективной стеновой керамики / И. В. Огородник // Строительные материалы и изделия. – 2012. – № 3(74). – С. 23-26.
3. Захарченко П. В. Сучасні методи захисту будівельних матеріалів від зовнішніх агресивних факторів / П. В. Захарченко, П. Г. Варшавець // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – К. : Знання, 2012. – Вип. 45. – С. 73-75.
4. Варшавець П. Г. Структура лицевого кирпича и лиофильность его поверхности / П. Г. Варшавець, В. А. Свидерский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 6(66). – С. 56-61.
5. Гивлюд Н. Н. Влияние поверхностной обработки керамического кирпича силицийорганическими покрытиями на его свойства / Н. Н. Гивлюд, И. Л. Найвер // Устойчивое развитие: Международный журнал. – Болгария, 2013. – № 6. – С. 135-142.
6. Гивлюд М. М. Підвищення атмосферостійкості та довговічності керамічної лицьової цегли захисними покриттями / М. М. Гивлюд, І. Л. Найвер // Вісник Львівської комерційної академії. – 2014. – Вип. 14. – С. 11-17.

#### REFERENCES

1. Inchik, V.V. (2000), “Salt corrosion by a brick masonry”, *Stroitel'nye materialy*, vol. 8, p. 35.
2. Ogorodnyk, I.V. (2012), “Features effective wall ceramics production”, *Stroitel'nye materialy i izdelija*, vol. 3 (74), pp. 23-26.
3. Zakharchenko, P.V. and Varshavets, P.G. (2012), “Modern methods of building materials protection from external aggressive factors”, *Budivel'ni materialy, virobita sanitarna tehnika*, vol. 45, pp. 73-75.
4. Varshavets, P.G. and Sviderskij, V.A. (2013), “The structure of the facial bricks and lyofylnost ego surface”, *Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij*, vol. 6 (66), pp. 56-61.
5. Hyvlyud, N.N. and Nayver, I.L. (2013), “Effect superficial treatment ceramic bricks on the pavement syltyssyorhanycheskymy properties ego”, *The International Journal “Ustojchivoe razvitie”*, vol. 6, pp.135-142.
6. Hyvlyud, M.M. and Nayver, I.L. (2014), “Improving weather resistance and durability of ceramic facing bricks protective coatings”, *Visnyk L'vivs'koi komertsijnoi akademii*, vol. 14, pp. 11-17.