

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАТЕРІАЛІВ ПРОНИКНОЇ ДІЇ ДЛЯ  
ВІДНОВЛЕННЯ І РЕМОНТУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ТМ NAVYCON**

**STUDY OF THE EFFECT OF PENETRATING MATERIALS FOR  
RESTORATION AND REPAIR OF NAVYCON TM BUILDINGS AND  
STRUCTURES**

**Костюк Т.А., д.т.н., професор, Кас'яненко К.В., студентка (Харківській національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова), Кислюк Д.Я., к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)**

**Kostyuk T.A., Doctor of Engineering, Professor, Kasianenko K.V., student (Kharkiv National University of Urban Economy named after O.M. Beketov), Kysliuk D.Y., Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University)**

*Встановлено закономірності формування структури цементних композитів з метою покращення їх гідрофізичних та фізико-механічних характеристик. Проаналізовано введення добавок електролітів для синтезу додаткових кристалогідратів у структурі цементних композитів задля підвищення їх щільності і водонепроникності.*

*Establishment and use of regularities in the formation of the structure of cement composites to improve their hydrophysical and physico-mechanical characteristics.*

*It was established that the increase in water resistance is ensured by the synthesis of additional crystal hydrates and their formation on the surfaces of pores and capillaries taking into account their electro-surface properties, in particular, it was established that crystal hydrates form electroheterogeneous contacts with the structural elements of cement stone. This makes it possible to reduce the thickness of the contact zone, which strengthens and seals the structure of the material as a whole.*

*It was established that the penetration of the components of the waterproofing composition (water-soluble salts of nitrates, chlorides, sulfates) into the porous material is ensured due to the diffusion of their ions through water-saturated pores and capillaries, and the depth of penetration is the length of the diffusion path over time, which corresponds to the setting time of the waterproofing composition.*

*"NAVYCON" protective materials are used as a coating during the construction and repair of building structures that are under the influence of water, aggressive environments, temperature changes and high loads.*

*Materials based on inorganic binders, produced in the form of dry mixtures of penetrating action, are used on bases and substrates with developed capillary porosity (concrete, reinforced concrete, brickwork, etc.).*

*Composite material based on TM "NAVYCON" cement with compressive strength up to 61.0 MPa and flexural strength up to 9.1 MPa, adhesion to the concrete base up to 3.3 MPa, water resistance not less than W12, frost resistance more than F400, shrinkage deformation after 3 months at 0.04%, which is several times higher than the requirements of regulatory documents of Ukraine for similar warehouses. The composite material is effective under both direct and reverse water pressure. Effective in joint work with polymer coating. Effective for passivation and transformation of metal surfaces damaged by corrosion.*

*The use of the additive will significantly increase the profitability of concrete mixes, because when the complex chemical additive developed jointly with the company Navikon -Ukraine is introduced, the physical characteristics of concrete will improve, the cost will significantly decrease and the quality will increase by an order of magnitude.*

*Ключові слова: композиційні матеріали, водонепроникність, композити, модифікуюча добавка, гідроізоляція, корозія, цементний камінь, сухі суміші, синтез, адгезія, поровий простір.*

*Keywords: composite materials, waterproofing, composites, modifying additive, waterproofing, corrosion, cement stone, dry mixes, synthesis, adhesion, pore space.*

Все ширше застосування для ремонту, гідроізоляції та захисту бетонних і кам'яних конструкцій набувають цементні композити, що виготовляються із сухих сумішей: MasterEmako, Кальмофлекс, Акватрон, Гідротекс, Siltek, Ксайпекс, Basf, Мареі та ін.

Такі композити після твердіння набувають високі фізико-механічні характеристики, мають структуру, ідентичну структурі основи, на яку вони наносяться, проте часто їх гідрофізичні характеристики недостатньо високі.

Засобами підвищення цих характеристик насамперед – водонепроникності, є введення мінеральних та мікрОВОЛОКНИСТИХ наповнювачів, які знижують усадку та утворення тріщин та полімерних добавок, що збільшують щільність композитів. Однак, полімерні добавки, підвищуючи адгезію композиту до основи, запобігають проникненню продуктів гідратації в її поровий простір, крім того, їх застосування обмежено досить вузьким температурним інтервалом (не нижче +5<sup>0</sup>С).

Досить ефективно підвищують водонепроникність хімічні добавки солей електролітів, які забезпечують синтез у цементному камені додаткових кристалогідратів, які кольматують поровий простір, як композитів, так і поверхневих шарів основи. Аналіз наявних рішень підвищення гідрофізичних характеристик цементних композитів показав, які найбільше перспективними є склад, який включає тонкодисперсні наповнювачі, хімічні добавки та мікрОВОЛОКНА, що забезпечують кольматацію кристалогідратами простору пор, як покриття, так і основи.

Але часто незбалансований склад цих композитів призводить до розтріскування, висолів, зниження гідрофізичних характеристик [1].

На підставі проведених наукових досліджень було розроблено склад композитної сухої суміші проникної дії [2-5]. Дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів проводили згідно з нормативними документами [6-8]. Було застосовано електронну мікроскопію, рентгенофазовий і термграфічний аналізи.

Знімки мікроструктури цементного каменю із суміші «NAVYCON» наведено на рис.1.

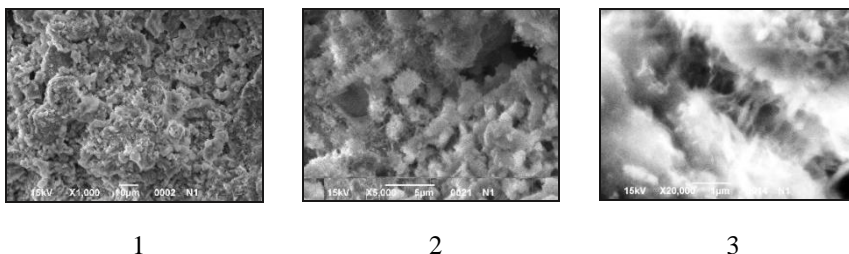


Рис. 1. Знімки мікроструктури цементного каменю

На знімках 2, 3 (рис.1) добре видно утворення еtringітових голок та низькоосновних гідросилікатів кальцію у вигляді повстяних сполук. Також спостерігається поява гідроалюмінатів кальцію у вигляді світлих лусочок.

Принцип дії проникаючої гідроізоляції заснований на проникненні в бетон хімічно активних компонентів по капілярах та порах, з наступною хімічною взаємодією з вапном і конденсацією на поверхні пор додаткових кристалогідратів. Результатом є звуження просвіту капіляра (або мікротріщин) та підвищення гідроізоляційних властивостей бетону (водонепроникності) та інших капілярно-пористих матеріалів. Тому процес водонепроникності діє як при прямому тиску води, так і при зворотньому. Одночасно штукатурка утворює на поверхні бетону високоміцне покриття завтовшки 2-3 мм, перешкоджає вимиванню активних речовин і захищає бетон навіть при значному тиску води. У процесі експлуатації конструкції, при виникненні нового контакту з молекулами води, реакція відновлюється, та процес ущільнення матеріалу розвивається у глибину. Так само відбувається і «самолікування» мікротріщин. Пластифікуюча добавка, що входить до складу і містить неполярний органічний радикал та полярну функціональну групу ( $-SO_3^-$  у лігносульфонатах, меламінформальдегідах та нафталінформальдегідах,  $-COO^-$  в полікарбоксілатах,  $PO_3^-$  – у поліакрилатах), адсорбуючи полярними групами на заряджених позитивно алюмінатних ділянках

поверхні цементу покращує технологічні властивості простованої сухої суміші при її перемішуванні із водою.

Матеріали на основі неорганічних в'язучих, що виробляються у вигляді сухих сумішей проникаючої дії, використовуються на основах з розвиненою капілярною пористістю (бетон, залізобетон, цегляна кладка та ін.). Принцип роботи композиційного матеріалу наведено на рис. 2.

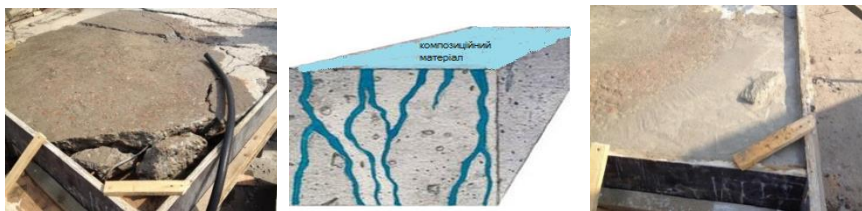


Рис. 2. Знімки мікроструктури цементного каменю

Захисні матеріали «NAVYCON» застосовуються в якості покриття при будівництві та ремонті будівельних конструкцій, що перебувають під впливом води, агресивних середовищ, перепадів температур і високих навантажень. На рис.3 показано зразок із арматурою після витримки у сольовому розчині (морській воді) упродовж 65 діб.

Із рис. 3, в видно, що арматура, яка знаходиться у розчині NAVYCON, не має слідів корозії і надійно захищена від дії агресивного середовища (морської води).

Матеріали «NAVYCON» застосовуються для ремонту і влаштування гідроізоляції конструкцій I і II категорії тріщиностійкості, такі як:

- гідротехнічні споруди: резервуари (відкриті, обваловані, не обваловані тощо); басейни (відкритого і закритого типу); конструкції очисних споруд (аеротенки, відстійники, колектори, насосні тощо); бетонні дамби, греблі, доки тощо, споруди системи водопостачання; колодязі;

- об'єкти цивільного будівництва: бетонні, кам'яні, цегляні фундаменти; акведуки; підвальні приміщення, підземні споруди (паркінги, гаражі, переходи тощо); балкони; експлуатовані і неексплуатовані покрівлі; ліфтові шахти;

- споруди промислового та агропромислового призначення: виробничі приміщення, підземні виробничі приміщення; басейни градирень; димові труби; бетонні конструкції шахт; сховища, бункери, ємності для зберігання харчових продуктів, овочеві ями тощо; бетонні споруди, що зазнають впливу агресивного середовища; підземні насосні станції; причали;

- об'єкти цивільної оборони і надзвичайних ситуацій: підземні укриття; пожежні резервуари тощо;
- об'єкти енергетичного комплексу: насосні станції; сховища нафтопродуктів, естакади подачі палива; кабельні тунелі; бетонні споруди, що зазнають радіаційного впливу тощо;
- об'єкти транспортної інфраструктури: тунелі (автомобільні, залізничні, пішохідні тощо); метрополітени; шляхопроводи, залізобетонні естакади, елементи мостів, бетонні огорожі, бордюри; підземні пішохідні переходи.



Рис. 3. Зразок з арматурою після витримки у сольовому розчині  
а – зразок з арматурою, що піддався дії сольового розчину (морська вода) на протязі 65 діб; б – той же зразок на пресі, для видалення з нього арматури; в – арматура, що видалена із зразка після витримки у сольовому розчині після 65 діб

Композиційний матеріал на цементній основі ТМ «NAVYCON» з показниками міцності на стиск до 61,0 МПа і згин до 9,1 МПа, має адгезію до бетонної основи до 3,3 МПа, водонепроникність не менше W12, морозостійкість більше F400, деформацію усадки через 3 місяців в 0,04%, що в декілька разів перевищує вимоги нормативних документів України для подібних складів [6]. Композиційний матеріал ефективний як при прямому, так і при зворотньому тиску води; при спільній роботі з полімерним покриттям, а також для пасивації і перетворення пошкоджених корозією металевих поверхонь.

Корозії бетону, залізобетону і цегляної кладки можна позбутись за допомогою складів тм «NAVYCON» (рис.4).

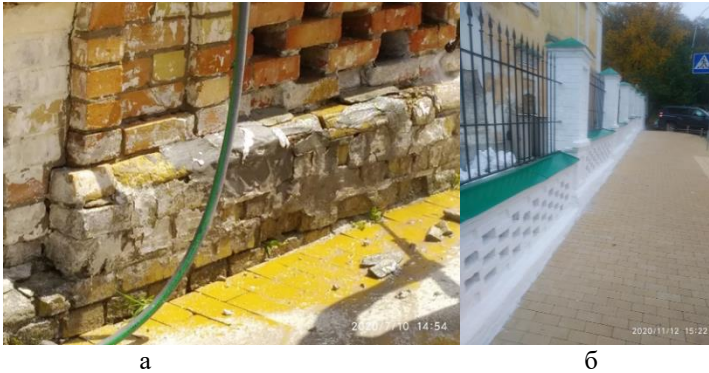


Рис. 4. Цегляна кладка паркану Покровської церкви у м. Києві відремонтована та захищена складами тм «NAVYCON» на білому цементі: а – було; б - стало

Властивості композиційного матеріалу наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Основні властивості композиційного матеріалу

Найменування показника	Значення
Границя міцності при згині, МПа	8,7 - 9,1
Границя міцності при стиску, МПа,	50,0 - 61,0
Адгезія до бетонної основи, МПа,	2,2 - 3,3
Усадка після 90 діб, %	0,04
Морозостійкість, цикли, не менше	400
Трещиностійкість	стійкий до тріщиноутворення
Водопоглинення, %, не більше	2,45
Марка за водонепроникністю, W, МПа, не менше:	1,2
Ударна міцність, Дж/см <sup>3</sup>	38,8
Стиранність, г/см <sup>2</sup>	0,26

Підвищення водонепроникності забезпечується синтезом додаткових кристалогідратів та їх формуванням на поверхнях пор, капілярів із урахуванням їх електроповерхневих властивостей, зокрема, встановлено, що кристалогідрати утворюють зі структурними елементами цементного каменю електрогетерогенні контакти. Це дає можливість зменшити товщину контактної зони, що зміцнює і ущільнює структуру матеріалу в цілому.

Встановлено, що проникнення компонентів гідроізоляційного складу (водорозчинних солей нітратів, хлоридів, сульфатів) в пористий матеріал, забезпечується за рахунок дифузії їх іонів через водонасичені пори і капіляри, а глибина проникнення – довжиною шляху дифузії за час, що відповідає термінам схоплювання гідроізоляційного складу.

Отримано патент на склад добавок-електролітів [9]. Розроблено склади сухих сумішей проникної дії різного функціонального призначення з підвищеними гідрофізичними показниками, складено та затверджено технологічний регламент на спосіб їх застосування.

Закінчені дослідження та випробування комплексної хімічної добавки [10] для бетонів і розчинів, які використовують для підземних частин будівель і споруд (паркінги, підвали, сховища) в обводнених ґрунтах з метою запобігання фільтрації води крізь бетон або цегляну кладку. Адаже нові технології в монолітному будівництві дозволяють змінювати і покращувати властивості бетону залежно від вимог, висунутих до об'єктів.

Монолітне будівництво розвивається і з кожним днем бетони набувають все більш специфічних характеристик: швидше або повільніше, залежно від потреби, набирають міцність; стають стійкі до низьких температур; набувають водонепроникність; різних кольорів і відтінків; захищають елементи сталевих конструкцій від корозії; набувають стійкості до агресивних середовищ і довговічність, не втрачаючи при цьому своїх фізичних властивостей. Ключем до всього є комплексна хімічна добавка, яка додається в бетон у процесі його виробництва або в готову бетонну суміш. Застосування добавки значно підвищить рентабельність бетонних сумішей, тому що при внесенні розробленої спільно з компанією NAVYCON-Україна комплексної хімічної добавки поліпшаться фізичні характеристики бетону, суттєво знизиться собівартість та на порядок підвищиться якість.

## References

1. Spriamovane formuvannya struktury tsementnykh kompozytiv dlia hidroizoliatsii [Tekst] : dys. . d-ra tekhn. nauk: 05.23.05 / Kostiuk Tetiana Oleksandrivna; Ukr. derzh. un-t zalizn. transp. - Kharkiv, 2015. - 290 s.
2. Plugin A.A., Kostyuk T.A., Saliya M.G., Bondarenko D.A Primeneniye karbonatnykh dobavok v tsementnykh sostavakh dlya gidroizolyatsionnykh i restavratsionnykh rabot zdaniy i sooruzheniy. /. // «Sbornik nauchnykh trudov» MGSU posvyashchenny 90-letiyu f-a PGS, – 2011. – s.224-227.
3. Plugin A.A., Saliya M.G., Kostyuk T.A., Bondarenko D.A., Starkova O.V. Obosnovaniye vybora napolniteley dlya gidroizolyatsionnykh sukhikh smesey na osnove portlandtsementa // Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauchnoye prostranstvo Yevropy – 2012». – Sofiya: BialGRAD–BG, 2012. – Tom 29. Stroitel'stvo i arkhitektura. – S. 62–67.
4. Interaction of Portland cement hydration products with complex chemical additives containing fiberglass in moisture-proof cement compositions; O.I. Demina, T.A. Kostuk, E.B. Dedenyova, D.O. Bondarenko, Bondarenko; Functional Materials, 24, No.3 (2017), p. 415-419. Scopus DOI:10.15407/fm24.03.415 <http://functmaterials.org.ua/contents/24-3/415>
5. Hydration Products that Provide Water-Repellency for Portland Cement-Based Waterproofing Compositions and Their Identification by Physical and Chemical Methods. [Plugin, A.A., Borziak, O.S., Pluhin, O.A., Kostuk, T.A., Plugin, D.A. Lecture Notes in Civil Engineeringthis link is disabled, 2021, 100 LNCE, pp. 328–335.](#)
6. DSTU B V.2.7-126:2011 «Budivelni materialy. Sumishi budivelni sukhi modifykovani. Zahalni tekhnichni umovy».
7. DSTU B V.2.7-23-95 «Rozchyny budivelni. Zahalni tekhnichni umovy».
8. DSTU B V.2.7-214:2009 «Budivelni materialy. Betony. Metody vyznachennia mitsnosti za kontrolnymy zrazkamy».
9. Utility model patent No. 151437. The method of increasing the hydrotechnical and physico-mechanical properties of concrete and construction solutions. Babenko V.V., Vashchenko V.M., Gubina T.V., Kostyuk T.O. Date of publication of information on state registration and Bulletin number 07/20/2022, Bull. No. 29.
10. Zaiavka na patent na vynakhid №a202202146 vid 30.06.22r.

## Література

1. Спрямоване формування структури цементних композитів для гідроізоляції [Текст] : дис. д-ра техн. наук: 05.23.05 / Костюк Тетяна Олександрівна; Укр. держ. ун-т залізн. трансп. - Харків, 2015. - 290 с.
2. Plugin A.A., Kostyuk T.A., Saliya M.G., Bondarenko D.A Primeneniye karbonatnykh dobavok v tsementnykh sostavakh dlya gidroizolyatsionnykh i restavratsionnykh rabot zdaniy i sooruzheniy. /. // «Sbornik nauchnykh trudov» MGSU posvyashchenny 90-letiyu f-a PGS, – 2011. – s.224-227.



3. Plugin A.A., Saliya M.G., Kostyuk T.A., Bondarenko D.A., Starkova O.V. Obosnovaniye vybora napolniteley dlya gidroizolyatsionnykh sukhikh smesey na osnove portlandtsementa // Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauchnoye prostranstvo Yevropy – 2012». – Sofiya: ByalGRAD–BG, 2012. – Tom 29. Stroitel'stvo i arkhitektura. – S. 62–67.

4. Interaction of Portland cement hydration products with complex chemical additives containing fiberglass in moisture-proof cement compositions; O.I. Demina, T.A. Kostuk, E.B. Dedenyova, D.O. Bondarenko, Bondarenko; Functional Materials, 24, No.3 (2017), p. 415-419. Scopus DOI:10.15407/fm24.03.415

<http://functmaterials.org.ua/contents/24-3/415>

5. Hydration Products that Provide Water-Repellency for Portland Cement-Based Waterproofing Compositions and Their Identification by Physical and Chemical Methods. [Plugin, A.A., Borziak, O.S., Pluhin, O.A., Kostuk, T.A., Plugin, D.A., Lecture Notes in Civil Engineeringthis link is disabled, 2021, 100 LNCE, pp. 328–335.](#)

6. ДСТУ Б В.2.7-126:2011 «Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови».

7. ДСТУ Б В.2.7-23-95 «Розчини будівельні. Загальні технічні умови».

8. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками».

9. Патент на Корисну модель №151437. Спосіб підвищення гідротехнічних і фізико-механічних властивостей бетонів та будівельних розчинів. Бабенко В. В., Ващенко В. М., Губіна Т. В., Костюк Т.О. Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня 20.07.2022, Бюл. № 29.

10. Заявка на патент на винахід №a202202146 від 30.06.22р.