

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІН'ЄКЦІЙНОЇ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

**Лучко Й.Й.**, д.т.н., професор,  
*Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя*

**Парнета Б.З.**, к.т.н., доцент,  
**Пенцак А.Я.**, к.т.н., доцент,  
*Національний університет «Львівська політехніка»*  
*apentsak1963@gmail.com*

**Анотація.** У праці досліджено питання розвитку корозійних процесів в бетонних конструкціях за рахунок впливу вологи. Проаналізовано особливості руху рідини в пористому середовищі на прикладі бетонних зразків у випадку довготривалого впливу води під час їх зволоження. Робота присвячена визначенню глибини зволоження залізобетонних конструкцій та встановленню розмірів не змочуваного ядра залежно від класу бетону та товщини конструкції. Запропоновано технологію виконання горизонтальної блокувальної ін'єкційної гідроізоляції, при якій досягається зменшення витрати гідроізоляційного матеріалу. Результати теоретичних та експериментальних досліджень можна використати для вибору оптимального методу захисту конструкцій від зволоженості та для визначення місця і способу влаштування гідроізоляції.

**Ключові слова:** залізобетонні конструкції, гідроізоляція, зволоженість бетону, не змочуване ядро бетону, бетонний зразок.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНЪЕКЦИОННОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Лучко И.И.**, д.т.н., профессор,  
*Тернопольский национальный технический университет им. Ивана Пулюя*

**Парнета Б.З.**, к.т.н., доцент,  
**Пенцак А.Я.**, к.т.н., доцент,  
*Национальный университет «Львовская политехника»*  
*apentsak1963@gmail.com*

**Аннотация.** В работе исследованы вопросы развития коррозионных процессов в бетонных конструкциях за счет воздействия влаги. Проанализированы особенности движения жидкости в пористой среде на примере бетонных образцов в случае длительного воздействия воды при их увлажнении. Работа посвящена определению глубины увлажнения железобетонных конструкций и установлению размеров не смачиваемого ядра в зависимости от класса бетона и толщины конструкции. Предложена технология выполнения горизонтальной блокирующей инъекционной гидроизоляции, при которой достигается уменьшение расхода гидроизоляционного материала. Результаты теоретических и экспериментальных исследований можно использовать для выбора оптимального метода защиты конструкций от увлажнения и для определения места и способа устройства гидроизоляции.

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, гидроизоляция, увлажненность бетона, не смачиваемое ядро бетона, бетонный образец.

INVESTIGATION OF TECHNOLOGY OF INJECTION WATERPROOFING  
OF UNDERGROUND STRUCTURES

**Luchko J.J.**, Doctor of Science, Professor,  
*Ternopil Ivan Puluji Technical University*

**Parneta B.Z.**, PhD, Associate Professor,  
**Pentsak A.Ya.**, PhD, Associate Professor,  
*National University «Lviv Polytechnic»*  
apentsak1963@gmail.com

**Abstract.** In the work the issues of development of corrosion processes in concrete constructions due to the influence of moisture are investigated. The features of fluid motion in a porous environment are analyzed using examples of concrete samples in the case of prolonged exposure to humidification. The work is devoted to determining the depth of moistening of reinforced concrete structures and determining the dimensions of the non-wetted core, depending on the class of concrete and the thickness of the structure.

To assess the level of capillary moisture rise in concrete samples the concrete of class C30 / 35 was designed, it is important from practical experience. To obtain the results of humidity spreading in concrete, the samples were cleaned of salt residues on the surface and placed in metal trays.

Based on experimental studies, the technology of horizontal blocking injection waterproofing was proposed. Despite the great labor consumption of the proposed technology (2 holes of depth 150 mm against the one hole with depth of 380 mm), due to the reduction of the waterproofing material, an economic effect is achieved. The results of theoretical and experimental studies can be used to select the optimal method for protecting structures from moisture and to determine the location and method of waterproofing.

**Key words:** reinforced concrete structures, waterproofing, humidification of concrete, non-humid concrete core, concrete sample.

**Вступ.** Початком розвитку корозійних процесів в бетонних конструкціях схильних до заволодження, являється водопроникність. Рух води в бетоні відбувається за допомогою механічних і фізико-хімічних процесів. До механічних відноситься гігроскопічний тиск, до фізико-хімічних – осмотичне та капілярне підтягування вологи. Осмотичне підтягування вологи виникає при наявності концентрації розчинних речовин в воді, яка знаходиться у навколишньому середовищі і безпосередньо в тілі бетону.

Капілярна міграція вологи небезпечна для бетонів, які в процесі експлуатації безпосередньо контактують з водою. Під дією капілярних сил, вода піднімається до відкритої поверхні, переміщаючи з собою компоненти цементного каменю та солей, що розчинні у воді. Найшкідливішим для бетонного каменю є капілярне підтягування води, якщо він експлуатується в умовах жаркого клімату та при високій засоленості ґрунтових вод, через накопичення солей у верхніх шарах бетону. Кристалізація цих солей може викликати руйнування капілярів, а відповідно знизити міцність бетонного каменю.

Для вибору оптимального методу захисту бетонних та залізобетонних конструкцій від заволоженості та для визначення місця і способу влаштування гідроізоляції, в даній роботі визначали глибину заволодження конструкцій та встановлювали розміри не змочуваного ядра бетону залежно від класу бетону та товщини конструкцій.

Суттєве насичення бетону водою відбувається при довготривалій дії цього чинника, або коли на бетонний камінь діє гідростатичний тиск.

**Аналіз літературних джерел з питань впливу вологи, проблеми просочення та корозії бетону.** Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від впливу вологості, грибкових ушкоджень і мікроорганізмів є проблемою щодо збереження їх експлуатаційних властивостей.

Під поняттям корозії бетону [1] розуміють поступові, незворотні зміни властивостей бетону в результаті фізичного, хімічного, фізико-хімічного впливу корозійного середовища чи внутрішніх корозійних процесів у самому тілі бетону.

Корозія бетону найчастіше пов'язана із впливом рідких і газоподібних середовищ.

За час експлуатації [2] на бетон можуть впливати ряд факторів, серед яких: природні, виробничі, побутові води, агресивні реагенти, різноманітні гази, зміна температур, процеси зволоження і висихання, заморожування і відтаювання, механічні впливи, а також бактерії. Це є зовнішніми причинами руйнування бетонів. До внутрішніх відносять – високу водонепроникність, зміна об'єму через різницю температурного розширення цементу і заповнювача. Тема корозії бетонів актуальна, тому що багато моментів ще не досліджено, а також існують протиріччя в багатьох питаннях. Найпоширенішою є хімічна корозія цементного каменю і бетону. До найпоширеніших хімічних чинників належить дія агресивних рідин та газів, та ще деяких органічних речовин. В умовах експлуатації можуть діяти морські, ґрунтові, промислові і стічні води, які містять різні солі.

Руйнівна дія води і розчинних солей є різною. Вода може вимивати складники будівельного матеріалу, що призводить до ослаблення елементів конструкції. Вологий матеріал піддається пошкодженню морозом – вода, замерзаючи в порах матеріалу, руйнує його структуру. Корозію бетону та залізобетону вивчали багато дослідників [1-5]. Є декілька способів підвищення корозійної тривкості матеріалів та конструкцій, які розглянуті нижче.

Будівельні фундаменти, які експлуатуються в агресивних середовищах [6] піддаються впливу інтенсивної корозії, що може зумовлювати локальне руйнування та вихід з ладу будівель, якщо під час їх спорудження не вжити необхідних заходів для захисту конструкцій від корозії. Антикоровий захист елементів будівельних конструкцій забезпечується переважно трьома способами: підвищенням власної стійкості (первинний захист), ізоляцією конструкції від впливу середовища (вторинний) і зниженням ступеня агресивності середовища.

У будівлях розрізняють два основних джерела капілярного підтягування: з рівня ґрунтової води і так званої розпорошеної води [7-9]. Висота капілярного підтягування вологи у внутрішніх стінах більша, ніж у зовнішніх через краще випаровування останніх. До того ж висота підтягування вологи не є регулярною, тобто може бути більшою в зовнішніх стінах, ніж у внутрішніх.

Проведені дослідження [10-12] показують, що швидкість, глибина й повнота просочення значною мірою залежать від структури бетону. Із збільшенням радіуса капіляра просочення прискорюється. Крім того, в бетоні капіляри розрізняються не тільки за розмірами, але й формою, взаємним розташуванням, способом сполучення між собою та відкритою поверхнею. У праці [13] відзначено, що ефективність просочення визначається не загальною, а тільки активною пористістю, тобто сукупністю пор і капілярів, які здатні заповнюватися рідиною для просочення, а в працях [14, 15] було показано, що підвищення фізико-механічних характеристик бетону може досягатися просоченням бетону розплавом сірки. При цьому підвищується щільність бетону, зменшується його водопоглинання й значно зростає міцність.

Отже, в результаті огляду експериментальних досліджень просочення бетонних і залізобетонних конструкцій можна відзначити, що недостатньо вивчено розповсюдження вологості всередині масиву виробу (відсутні відповідні залежності та номограми). У висновках багатьох авторів спостерігається деяка неоднозначність в експериментальних дослідженнях із заповнення пор конструкції антикорозійними рідинами. Недостатньо вивчено швидкість просочення конструктивних елементів будівель та споруд відповідними розчинами в часі, з метою підвищення їхніх експлуатаційних властивостей.

**Дослідження заволоженості бетону та визначення ядра не змочуваності бетону.** Впровадження в практику будівництва нових об'єктів, а також досліджень прогресивних матеріалів, конструкцій та технологій значно впливають на ефективність і якість капітального будівництва. Актуальною проблемою сучасного будівництва є вдосконалення

технології та підвищення якості ремонтно-відновлювальних і реконструктивних робіт. Створення нових та вдосконалення існуючих будівельних конструкцій постійно сприяє появі завдань, пов'язаних з підвищенням їх надійності та довговічності.

У разі порушення ізоляції або її відсутності, вода, що є в ґрунті, просочується через стіни і руйнує покриття та бетон із зовнішнього боку, а після капілярного переміщення всередині бетону доходить до внутрішнього шару штукатурки. Постійна дія вологості на будівельні матеріали призводить до появи колоній “грибка”. Це паразити, які за короткий час можуть руйнувати будівельні конструкції. Ці грибниці легко проникають крізь матеріали конструкцій. Якщо до постійної вологості додається тепло, у житлових напівпідвальних приміщеннях, на вологих місцях стіни з'являються чорні плісняві колонії. Вони загрожують не тільки здоров'ю людини, а й міцності конструкцій.

Більшість будівельних матеріалів переважно усяні порами і капілярами. Через капіляри діаметр яких складає від 80 нм до 20 нм вода транспортується проти сили тяжіння догори і в бік. Висота підняття залежить від виду матеріалу. Матеріали з малими діаметрами капілярів пропускають мало води, але капілярно підтягують багато. Матеріали з великими діаметрами капілярів краще пропускають напірну воду, але слабо підтягують капілярно. Матеріали без пор не пропускають і не підтягують води.

**Мета та завдання.** Враховуючи попередні результати, метою досліджень є вивчення особливостей руху рідин в пористому середовищі на прикладі зразків з бетону у випадку довготривалого впливу води під час їх заволоження. Забезпечення довготривалого захисту будівель від капілярної вологи досягається влаштуванням блокувальної горизонтальної гідроізоляції, виконаної методами ін'єктування гідрофобізуючих, перекриваючих капіляри рідин у бетоні, і нейтралізації впливу шкідливих для будівель солей влаштуванням системи сануючих штукатурок.

Завданням експериментів є дослідження впливу вологи на дослідні зразки з бетону та визначення ядра незмоцваності бетону для подальшого використання отриманих даних на практиці при виконанні ін'єкційних методів влаштування горизонтальної гідроізоляції.

Для оцінки рівня підняття капілярної вологи в бетонних зразках, що є важливим з практичного досвіду, проектували бетон класу – С30/35. Було виготовлено серію залізобетонних бетонних зразків, які описані у праці [16]. Зразки раніше вже використовувались для досліджень, тому для отримання результатів розповсюдження заволоженості в бетоні, зразки очищались від залишків солей на поверхні та поміщались в металеві ванночки, які наповнювались водою (рис. 1). Температура повітря в лабораторії становила 16°C.

Вологість всередині зразків вимірювали карбідним експрес-методом портативною вологомірною станцією типу ССМ-GERATE, (рис. 2). Для цього у бетонних зразках за допомогою перфоратора висвердлювали отвори діаметром 12 мм і брали зразки проб вагою 50 грам, які зважували за допомогою точної ваги із комплекту вологоміра.



Рис. 1. Заволожені бетонні зразки



Рис.2. Прилад для вимірювання заволоженості

Заволоженість вимірювали в зонах, на рівнях 250, 350, 450 та 550 мм від низу бетонного зразка (рис. 3). Еталонний зразок не піддавали дії вологи. Отвори для взяття проб висвердлювались на глибину 50; 100; 150; 200 мм у зразку товщиною 400 мм (рис. 3).

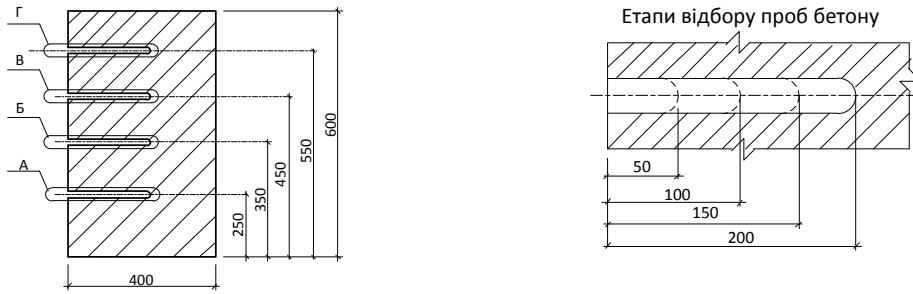


Рис. 3. Схема отворів для замірювання вологості бетонних зразків

**Результати та аналіз дослідження заволоженості зразків.** Результати досліджень вологості зразків наведено в табл. 1 та рис. 4. В результаті проведеного експерименту отримали дані величини заволоженості в різних точках поперечного перерізу бетонного зразка (рис. 5).

Таблиця 1 – Результати дослідження процесу заволоження дослідних зразків (бетон класу С30/35)

Отвір проби	Розташування отворів відносно низу зразка	Величина заволоження, %				
		поверхня	глибина вимірювання 50 мм	глибина вимірювання 100 мм	глибина вимірювання 150 мм	глибина вимірювання 200 мм
А	250мм	5,70	5,02	4,87	4,83	4,79
Б	350мм	4,94	4,90	4,79	3,85	3,22
В	450мм	4,86	4,22	3,54	3,25	3,19
Г	550мм	3,62	3,25	2,94	2,70	2,65
-	Еталон	2,80	2,75	2,61	2,51	2,62

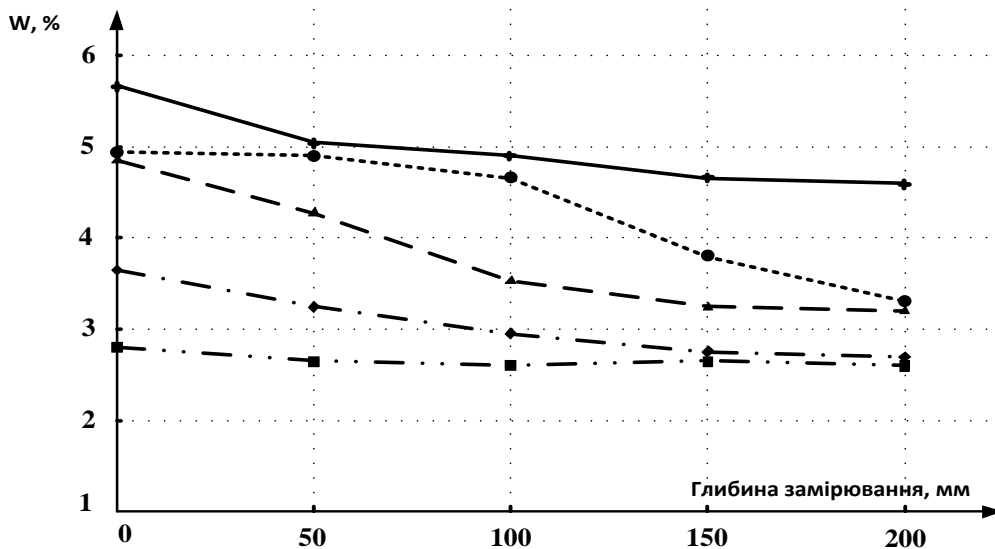


Рис. 4. Залежність заволоженості зразків від глибини:  
умовні позначення: ■ · · ■ – еталонна проба; ◆ —◆ – проба А;  
● ······ ● – проба Б; ● ······ ● – проба В; — · — · — проба Г

Як видно з рис. 5, в середній зоні перерізу можна виділити ділянку, заволоженість якої перевищує заволоженість еталонного зразка не більше ніж на 16%. Тому при виконанні горизонтальної блокувальної гідроізоляції, раціональніше висвердлювати два отвори глибиною 150 мм на висоті 400 – 450 мм від рівня активного заволоження (води) замість одного наскрізного отвору при стандартному виконанні блокад.

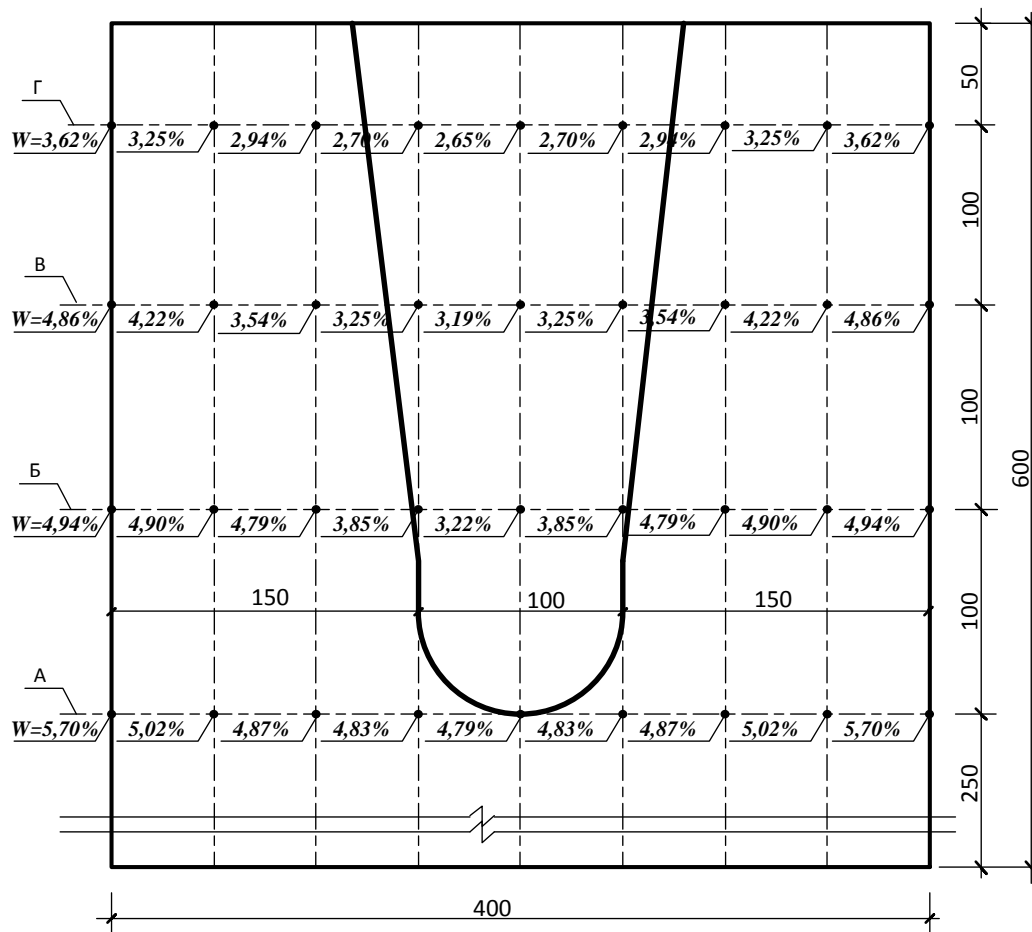


Рис. 5. Не змочуване ядро бетону

Незважаючи на більшу трудомісткість процесу запропонованої технології (2 отвори глибиною 150 мм проти одного отвору глибиною 380 мм), за рахунок зменшення гідроізолюючого матеріалу досягається економічний ефект, конкретну величину якого визначимо після впровадження даної технології на будівельному об'єкті при влаштуванні горизонтальної гідроізоляції підземного паркінгу.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.**

На основі досліджень ін'єкційних технологій та просочення бетонних і залізобетонних конструкцій можна констатувати, що недостатньо вивчено розповсюдження вологості всередині масиву бетонної конструкції.

Згідно експериментальних досліджень, всередині зразка залишається незволожена частина перерізу так зване «ядро не змочуваності». Ділянка всередині зразка ( 25% товщини перерізу) по величині заволоженості була майже ідентична (більше 16%) із еталонним зразком, який не піддавався заволоженню.

Результати даних досліджень можуть бути використані для проектування технології горизонтальної гідроізоляції бетонних та залізобетонних конструкцій стін, враховуючи результати обстежень щодо їх заволоження.

## Література

1. Лучко Й. Й. Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних та залізобетонних конструкцій і споруд / Й. Й. Лучко, І. І. Глагола, Б. Л. Назаревич. – Львів: Каменяр, 1999. – 229 с.
2. Пашенко А. А. Теория цемента / А. А. Пашенко. – К.: Будівельник, 1991. – 168 с.
3. Москвин В. М. Повышение стойкости бетона и железобетона при воздействии агрессивных сред / В. М. Москвин, Ю. А. Савина. – М.: Стройиздат, 1975. – 240 с.
4. Бабушкин Д. И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона / Д. И. Бабушкин. – М., 1968. – 215 с.
5. Парнета Б. З. Просочення та корозія бетонних і залізобетонних конструкцій (огляд) / Б. З. Парнета, Й. Й. Лучко // Промисловий та туристичний транспорт. – Львів, 2006. – Вип.4. – С. 48 – 59.
6. Лучко Й. Й. Обстеження фундаментів під розвантажуючими опорами ГПА насосної станції „Опори” та їх посилення / Й. Й. Лучко, Б. З. Парнета // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2007. – Вип.15. – С. 377 – 387.
7. Лучко Й. Й. Нестационарное просочивання суцільного залізобетонного бруса круглого поперечного перерізу антикорозійною рідиною / Й. Й. Лучко, А. А. Лещенко // Матер. VI Міжнар. наук. конф., м. Кошице (Словенія), 1997. – С. 21 – 24.
8. Назаревич Б. Л. Проблеми, пов'язані з улаштування горизонтальних гідроізоляцій при реставрації заволожених об'єктів / Б. Л. Назаревич // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів: Каменяр, 2004. – Вип. 6. – С.97 – 108.
9. Лучко Й. Й. Методи захисту від корозії залізобетонних конструкцій і споруд / Й. Й. Лучко, Б. З. Парнета, Б. Л. Назаревич / [Монографія], МОН України, Дніпропетровський нац. ун-т ім. акад. В. Лазаряна. – Львів: Каменяр, 2016. – 415 с.
10. Баженов Ю. М. Бетонополимеры / Ю. М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1983. – 472 с.
11. Мовчан М. І. Вплив вакуумування виробів на інтенсивність просочення бетону розплавом сірки / М.І. Мовчан // Вісник НУ «ЛП» «Теорія і практика будівництва», 2005. – №545. – С.123 – 128.
12. Касимов И. К. Бетоны, модифицированные мономерами / И. К. Касимов. – Ташкент: Фан, 1982. – 120 с.
13. Лучко И. И. Пропитка железобетонной плиты антикоррозионной жидкостью / И. И. Лучко, А. А. Лещенко // Физико-химическая механика материалов. – К.: Наук. думка, 1993. – №1. – С. 89 – 96.
14. Орловский Ю. И. Исследование свойств бетонов, пропитанных расплавом серы / Ю. И. Орловский, В. П. Манзий // Изв. вузов. Стр-во и архит. – 1980. – № 1. – С. 78.
15. Патуроев В. В. Серные бетоны и бетоны, пропитанные серой / В. В. Патуроев, А. Н. Волгушев, Ю. И. Орловский. – М.: ВНИИС, 1985. – 58 с.
16. Лучко Й. Й. Експериментальні дослідження вологості та засоленості бетону і цегляної кладки / Й. Й. Лучко, Б. З. Парнета, Б. Л. Назаревич, Р. І. Майба // Вісник ОДАБА. – Одеса, 2005. – Вип. 20. – С. 185 – 195.

Стаття надійшла 5.04.2018