

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

УДК 691.3:625.142.42

В. В. КОВАЛЕНКО<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Безпека життєдіяльності», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (050) 489 07 72, ел. пошта kovalekovv@upr.dit.edu.ua, ORCID 0000-0002-1196-7730

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДЧАСНОГО РУЙНУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ НА МАГІСТРАЛЬНИХ КОЛІЯХ ПАТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

**Мета.** В роботі необхідно виявити причини передчасного руйнування бетону шпал українського виробника. **Методика.** Застосовані мікроструктурний, фрактографічний, мікрорентгеноспектральний аналізи дозволили виявити причини швидкоплинних корозійних процесів у бетоні. **Результати.** В даній роботі предметом дослідження є цементний камінь і структура бетону передчасно зруйнованої залізобетонної шпали. Чергове передчасне руйнування залізобетонної шпали досліджувалося за традиційною для Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ) методикою, що запатентована у 2009 році. Проведені в роботі дослідження показали: 1) наявність у цементному камені поблизу пісочних часток підвищеної концентрації хлору та лужних металів, що перевищують допустимі норми за діючими стандартами; 2) різнозеренність кристалів цементного каменю вказує на надлишок води затворювання в бетонній суміші; 3) наявність у структурі цементного каменю волокон деревини, які за рахунок додаткового всмоктування вологи пришвидшують хімічні реакції у бетоні шпал, що експлуатується; 4) швидкість лужно-кремнієвокислої реакції у бетоні шпал складає 5 мкм на рік; 5) наявність волокон деревини вказує на незадовільну чистоту розсіву заповнювачів, зокрема щебеню; 6) хлор-іони додатково пришвидшують реакції структурного перетворення цементного каменю. **Наукова новизна.** В роботі виявлено швидкість корозійних процесів у бетоні шпал українського виробника. Показано вплив на швидкість корозії забрудненості крупних заповнювачів органічними речовинами, зокрема волокнами деревини. Показані характерні ознаки пришвидшення корозійних процесів внаслідок надлишку води і хлор-іонів у структурі цементного каменю. **Практична значимість.** Виявлення характерних ознак передчасного руйнування бетону підрейкових основ дозволяє попередити масовий вихід із ладу залізничних шпал, який негативно впливає на безпеку руху залізницею. Запропонована ДНУЗТ безпропарювальна технологія виробництва залізобетонних шпал із застосуванням вітчизняних полікарбонатних добавок до бетонів (у комплексі з застосуванням для просівання щебеню просіваючих поверхонь нового покоління виробництва ПП «Логія») дасть змогу вивести українських виробників залізобетонних шпал на європейський рівень. Контроль мікроструктурних характеристик під час виробничого процесу дозволить попереджати масові передчасні руйнування бетону шпал і продавати продукцію українських заводів залізобетонних шпал європейським споживачам. При цьому пропонується метод контролю якості бетону є неруйнівним і не потребує виведення з ладу щойно виготовлених залізобетонних шпал.

**Ключові слова:** бетон; мікроструктура цементного каменю; залізобетонні шпали; передчасне руйнування; морфологія структурних складових; спектральний аналіз

## Вступ

Передчасні масові руйнування підрейкових основ в Україні та інших країнах бувшого СРСР – звичне явище в експлуатації залізничних колій протягом останнього десятиліття. На цю проблему, що супроводжується значними втратами ресурсів, в країнах Євросоюзу звернули увагу науковці, виробники залізобетону та експлуатаційники ще наприкінці минулого, на початку нинішнього тисячоліття [11]. Вчені багатьох країн світу з огляду на процеси структуроутворення цементного каменю в бетонах різного призначення виявили вплив на структуроутворення як внутрішніх (хімічний склад цементного каменю, що реструктуризується у зрілому віці), так і зовнішніх факторів (наявності агресивного середовища, хімічних і органічних забруднень) [1–4, 8, 11–13]. Як підсумок здобутих наукових знань в цій галузі, у 2009 р. 28 країнами Євросоюзу було прийнято новий стандарт, який передбачає застосування мікроструктурних досліджень з контролю якості бетону і цементного каменю. На жаль, зусилля Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна з впровадження положення Європейського стандарту EN 1504 «Матеріали і системи для ремонту і захисту бетонних конструкцій» [7] в новий український стандарт з виробництва залізобетонних шпал не знайшли підтримки в керівництва ні Укрзалізниці, ні в Міністерстві регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, на відміну від країн митного союзу, де норми європейських стандартів вже впроваджено в нинішньому 2016 році.

Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України було впроваджено в український стандарт нові оригінальні випробування, які не дозволяють визначити довговічність бетону, а пропонований нашим університетом європейський підхід до цієї проблеми Міністерством в офіційній відповіді на початку 2016 року визнано передчасним. Вірогідно, з тієї причини так вдало гальмуються в нашій країні євроінтеграційні процеси, навіть за рахунок щорічного масового передчасного руйнування залізобетонних шпал.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту з 2010 р. досліджує причини масових передчасних руйнувань підрейкових основ. Останньою роботою було виявлення причин передчасного, після трьох років експлуатації, руйнування бетону шпали, що виготовлена в 2013 р. одним з державних підприємств ПАТ «Укрзалізниця».

## Мета

З'ясування причин передчасного руйнування наданих зразків бетону залізобетонної шпали на магістральних коліях України.

Об'єктом дослідження був зразок бетону, зруйнований після трьох років експлуатації на магістральній колії Укрзалізниці.

## Методика

В роботі застосовано макро- та мікроскопічні, фрактографічні та мікрорентгеноспектральні методи дослідження структури цементного каменю.

## Результати

Дослідження мікроструктури зразків бетону зруйнованої залізобетонної шпали показали наявність різнозеренної структури компактних кристалів цементного каменю (рис. 1). Бетон шпал вміщає багато пор, середній розмір яких складає близько 1 мкм (рис. 1, а, б). Пори не кольматовані та мають схильність до поглинання води з оточуючого середовища – з ґрунту, баластного щебеню та насиченого вологою повітря.

Значна різнозеренність цементного каменю вказує на надмірну кількість води в бетонній суміші (рис. 2).

Оцінка макроструктурних характеристик бетону показує, що його руйнування прискорено наявністю целюлозних волокон з деревини, які в структурі бетону виглядають як дерев'яні тріски діаметром до 3 мм (рис. 3).

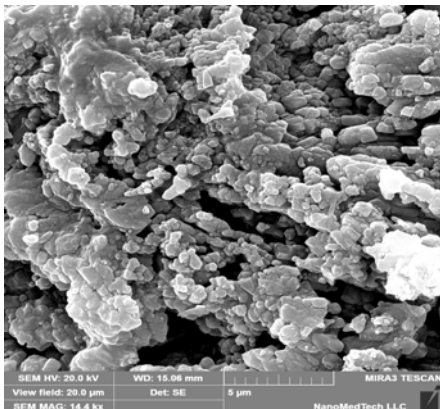
Поблизу пісочних часток спостерігаються нові фазові утворення, що мають структуру плескатих розтрісканих аморфно-кристалічних утворень, які містять підвищену концентрацію лужних металів та хлору (рис 4). Товщина шару продукту лужно-кремнієвої реакції навкруги пісочних часток дорівнює до 15 мкм

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

(рис. 6). Таким чином, завдяки структурним особливостям – наявності великої кількості пор та додаткового всмоктування води по дерев'яних волокнах, швидкість реакції з формуванням нової фази складала 5 мкм на рік.

Надмірна водонасиченість бетонної суміші сприяє утворенню великих еtringітних кристалів, які містять підвищену кількість лужних елементів, магнію, алюмінію та сірки (рис. 5). Зазначені кристали структурно нестабільні та розкладаються або перетворюються в процесі експлуатації на фази, що мають інший об'ємний коефіцієнт. Особливо швидко ці перетворення здійснюються при надлишковій водонасиченості бетону та наявності в структурі атомів хлору [11].

a–a



б–б

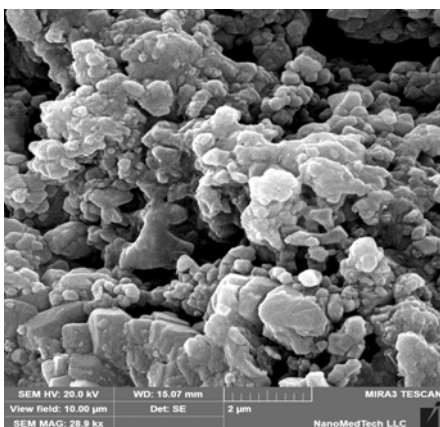


Рис. 1. Мікроструктура цементного каменю в зруйнованому бетоні шпал:  
a –  $\times 14\,400$ , б –  $\times 28\,900$

Fig. 1. Microstructure of cement rock in destroyed concrete of sleepers:  
a –  $\times 14\,400$ , b –  $\times 28\,900$

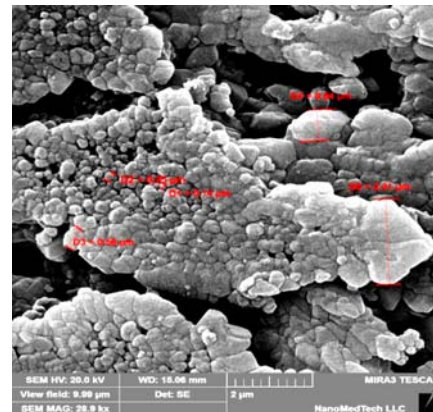


Рис. 2. Розмірні характеристики кристалів цементного каменю в зруйнованому бетоні шпал

Fig. 2. Dimensional characteristics of cement stone crystals in ruined concrete of sleepers

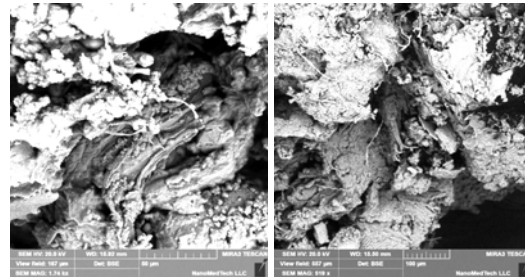
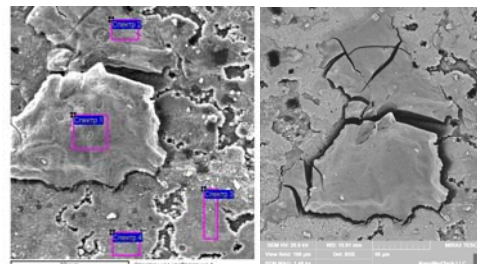


Рис. 3. Волокна деревини в зруйнованому бетоні шпал

Fig. 3. Wood fibers in the destroyed concrete of sleepers



| Спектр   | O     | Na    | Mg   | Al   | Si   | S    | Cl   | K    | Ca    | Fe   |
|----------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Спектр 1 | 41.67 | 48.07 | 0.92 | 0.00 | 0.77 | 1.27 | 1.04 | 2.72 | 2.85  | 0.68 |
| Спектр 2 | 34.50 | 29.97 | 0.00 | 0.00 | 2.09 | 0.00 | 1.81 | 5.69 | 25.95 | 0.00 |
| Спектр 3 | 47.17 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 51.86 | 0.38 |
| Спектр 4 | 45.26 | 0.35  | 0.00 | 0.15 | 0.41 | 0.00 | 0.00 | 0.21 | 53.63 | 0.00 |

Рис. 4. Хімічний склад продуктів корозії цементного каменю

Fig. 4. Chemical composition of the corrosion products of cement rock

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

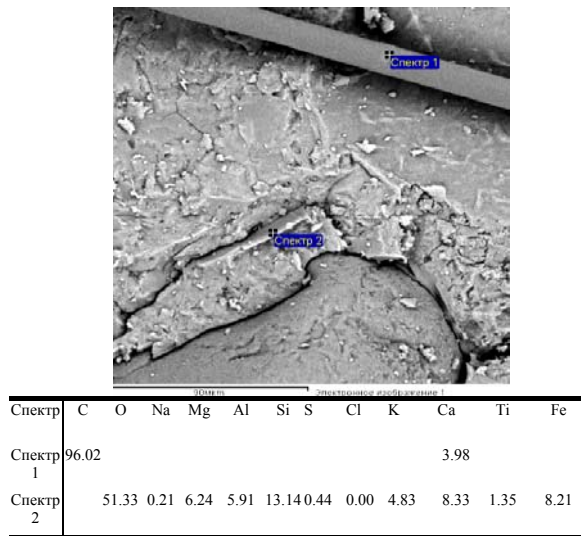


Рис. 5. Хімічний склад волокон деревини і великих еtringітних кристалів в структурі зруйнованого бетону

Fig. 5. Chemical composition of wood fibers and large ettringite crystals in the structure of the destroyed concrete

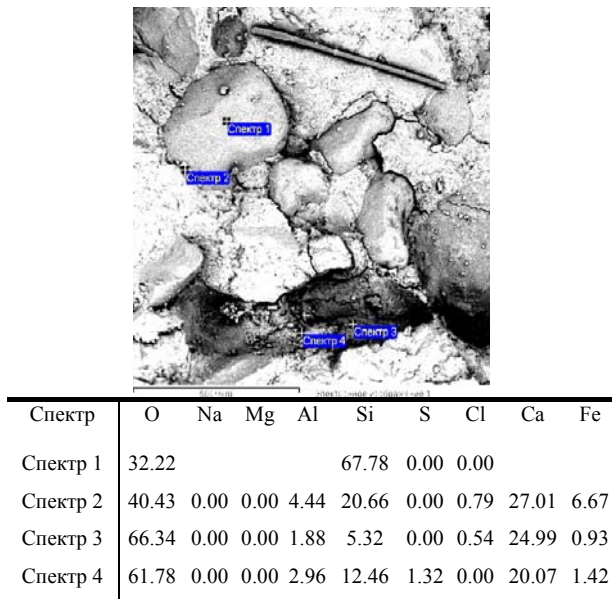


Рис. 6. Хімічний склад продуктів корозії цементного каменю поблизу пісочних часток

Fig. 6. Chemical composition of corrosion products of cement rock near the sand particles

Структурні перетворення нестабільних фаз та утворення продукту лужно-кремнієвокислої реакції сприяє виникненню значних внутрішніх напружень та розтріскуванню бетону по всьому об'єму залізобетонних виробів (див. рис. 6).

Наявність атомів хлору також провокує виведення зі складу цементних кристалогідратів комплексів  $(OH)^-$  по всьому об'єму цементного каменю бетону з утворенням вільної води в бетоні та вимивання кальцію, що сприяє утворенню кальцієвого молочка, зниженню міцності та додатковому руйнуванню бетону.

Від відповідності характеристик цементу нормам стандарту ДСТУ Б.В 2.7-46:2010 [6] залежить структуроутворення цементного каменю, фізико-механічні характеристики та довговічність залізобетонних виробів. При підвищеній лужності цементу (відносний коефіцієнт лужності  $(Na_2O + 0.658 K_2O)$  більше ніж 0,6 % (мас) [5]) в процесі гідратації та під час експлуатації залізобетонних підрейкових основ та інших інфраструктурних деталей та споруд відбувається реакція хімічної взаємодії луг цементу з кислими заповнювачами, які відповідно до стандартів не повинні містити більше ніж 50 ммоль/л діоксиду кремнію, розчинного в лугах [5].

Згідно з державним стандартам [5] в портландцементі співвідношення за масою кальцій оксиду до силіцій діоксиду повинно становити не менше ніж 2,0, а масова частка магній оксиду не повинна перевищувати 5 %, вміст сірки у перерахунку на  $SO_3$  не повинен перевищувати 3,5 %, але бути більше ніж 1 % (мас.), глини не більше 1,2 % (мас.), вміст хлорид-іонів не повинен перевищувати 0,1 % (мас) [5]. Трикальцієвий алюмінат у складі цементу не повинен перевищувати 8 % за масою [6].

Вказані вище характеристики цементу не відповідають нормативним показникам лише в локальних областях поблизу пісочних часток в новій гелеподібній фазі, що формується як продукт лужно-кремнієвокислої реакції.

Малий стосовно інших атомів діаметр іонів натрію та хлору дозволяє їм легко мігрувати в зону активної реакції, що відбувається в гелеподібній фазі навкруги пісочних часток. При чому іони хлору сприяють виведенню гідрат-іонів зі сформованих кристалогідратів цементного каменю в бетоні, який експлуатується, що додатково розріджує продукт лужно-кремнієвокислої реакції, пришвидшує реакцію структурного перетворення цементного каменю.

Забрудненість крупних заповнювачів трісками деревини не відповідає діючим стандар-

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

там. А тому необхідно на кар'єрах постачальників щебеню впроваджувати нові технології, що сприяють значному підвищенню чистоти розсіву, зменшенню енергоємності, матеріалоємності виробництва та витратам праці.

Нові технології впроваджує фірма ПП «Логія». Як просіваючі поверхні вона пропонує зносостійкі поверхні нового покоління з підвищеними динамічними характеристиками [10].

Для підвищення довговічності бетону пропонується впровадження у виробництво залізобетонних шпал гіперпластифікаторів полікарбонатного типу, виробництва ПП «Логія».

Крім того, необхідно зауважити, що добавка українського виробництва меншою мірою залежить від курсових стрибків іноземних валют і менша, ніж ціна іноземних аналогів. Вітчизняне виробництво може гнучко реагувати на потреби виробників залізобетону, які змінюються залежно від нестабільних характеристик в'язучих та заповнювачів.

#### Наукова новизна та практична значимість

В роботі виявлено швидкість корозійних процесів в бетоні шпал українського виробника. Показано вплив на швидкість корозії забрудненості крупних заповнювачів органічними речовинами, зокрема волокнами деревини. Показані характерні ознаки пришвидшення корозійних процесів у випадку надлишку води, луг і хлор-іонів в структурі цементного каменю.

Пропонований метод контролю якості бетону є неруйнівним і не потребує виведення з ладу щойно виготовлених залізобетонних шпал [9].

Для попередження передчасного руйнування залізобетонних шпал пропонується використовувати безпропарювальну технологію їх виробництва.

Технологія ґрунтується на застосуванні нових гіперпластифікаторів полікарбонатного типу ПЛКП виробництва ПП «Логія». Впровадження нової комплексної хімічної вітчизняної добавки ПЛКП дозволить економити 150 кг цементу на м<sup>3</sup> бетону шпал, знизити водоцементне співвідношення, значно знизити температуру термовологої обробки (до 30 °C), або виключити з виробничого циклу цю операцію, що сприятиме підвищенню щільності, міцності

на стиск і вигін у 1,5 разу та довговічності бетону шпал.

Від виробників щебеню потрібно вимагати підвищення чистоти розсіву. Це можна досягнути, застосовуючи нові технології виготовлення просіваючих поверхонь виробництва ПП «Логія», які додатково дозволяють економити електричну енергію, матеріали, витрати праці більш ніж на 60 % [10].

#### Висновки

Виконані в роботі дослідження виявили наявність в цементному камені поблизу пісочних часток підвищеної концентрації хлору та лужних металів, концентрації яких перевищують допустимі в діючих стандартах.

Різноманітність кристалів цементного каменю вказує на надлишок води затворювання в бетонній суміші.

В структурі цементного каменю присутні волокна деревини, які за рахунок додаткового всмоктування вологи пришвидшують хімічні реакції в бетоні, що експлуатується.

Швидкість лужно-кремнієвокислої реакції в бетоні шпал складає 5 мкм в рік.

Наявність волокон деревини вказує на незадовільну чистоту розсіву заповнювачів бетону, зокрема щебеню.

Хлор-іони додатково пришвидшують реакції структурного перетворення цементного каменю. В структуру бетону з'єднання хлору можуть поступати внаслідок їх навмисного внесення для протидії заморожування дрібних заповнювачів, а також природному вмісту цього елементу в структурі заповнювачів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Деякі аспекти технологічних прийомів виробництва та контролю експлуатаційного ресурсу залізобетонних шпал в Україні та світі / В. В. Рибкін, В. В. Коваленко, Ю. Л. Заяць [та ін.] // Заліз. трансп. України. – 2012. – № 3/4. – С. 76–81.
2. Дослідження експлуатаційної стійкості залізобетонних шпал та основні технологічні прийоми її покращення / В. В. Рибкін, В. В. Коваленко, Ю. Л. Заяць [та ін.] // Буд-во України. – 2011. – № 4. – С. 19–23.
3. Дослідження фізико-хімічних властивостей дрібних заповнювачів для виробництва залізобетонних шпал / В. В. Рибкін, В. В. Коваленко,

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

- Ю. Л. Заяць [та ін.] // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 40 – С. 140–145.
4. Дослідження фізико-хімічних характеристик крупних заповнювачів бетону для виробництва залізобетонних шпал / В. В. Рибкін, В. В. Коваленко, Ю. Л. Заяць [та ін.] // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 42. – С. 242–245.
  5. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 (ГОСТ 31384:2008, NEQ). Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги. – Київ : Укрархбудінформ, 2010. – 56 с.
  6. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови / Державний комітет з будівництва, архітектури та житлової політики України. – Київ : Вид-во стандартів, 2010. – 20 с.
  7. Европейский стандарт EN 1504. Материалы и системы для защиты и ремонта железобетонных конструкций [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://emaco26.ru/d/180619-/d/evropeyskiy\\_standart\\_en\\_1504.pdf](http://emaco26.ru/d/180619-/d/evropeyskiy_standart_en_1504.pdf). – Назва з екрана. – Перевірено : 04.07.2016.
  8. Коваленко, В. В. Дослідження причин передчасного руйнування залізобетонних шпал на Знам'янській дистанції колії ПЧ 10 Одеської залізниці / В. В. Коваленко, Ю. Л. Заяць, П. О. Пшінько // Наука та прогрес транспорту. – 2015. – № 6 (60). – С. 149–163. doi: 10.15802/stp2015/57100.
  9. Методика дослідження структуроутворення в бетонах та будівельних розчинах : свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір / О. М. Пшінько, В. В. Коваленко, Ю. Л. Заяць, С. В. Коваленко, П. О. Пшінько ; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. – № 29586 ; заявл. 27.07.09. – 1 с.
  10. Пат. 97424 Україна, МПК В 07 В 1/12, В 07 В 1/46. Просіваюча поверхня грохота / Харченко В. А., Коваленко С. В., Коваленко В. В. – № 20100667 ; заявл. 31.05.10 ; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 3. – 5 с.
  11. Штарк, Й. Долговечность бетона / Й. Штарк, В. Бернд. – Киев : Оранта, 2004. – 301 с.
  12. Recent durability studies on concrete structure / S. W. Tang, Y. Yao, C. Andrade, Z. J. Li // Cement and Concrete Research Keynote. – 2015. – Vol. 78. – P. 143–154. doi: doi:10.1016/j.cemconres.2015.05.021.
  13. Scrivener, K. L. Advances in understanding hydration of Portland cement / K. L. Scrivener, P. Juilland, P. J. M. Monteiro // Cement and Concrete Research. – 2015. – Vol. 78. – P. 38–56. doi: 10.1016/j.cemconres.2015.05.025.

В. В. КОВАЛЕНКО<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Безопасность жизнедеятельности», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (050) 489 07 72, эл. почта kovalekovv@upr.dit.edu.ua, ORCID 0000-0002-1196-7730

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО РАЗРУШЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ПУТЯХ ПАО «УКРЗАЛИЗНИЦЯ»

**Цель.** В работе необходимо выявить причины преждевременного разрушения бетона шпал одного из украинских производителей. **Методика.** Примененные микроструктурный, фрактографический, микрорентгеноспектральный анализы позволили выявить причины ускоренных коррозионных процессов в бетоне. **Результаты.** В данной работе предметом исследования является цементный камень и структура бетона преждевременно разрушенной железобетонной шпалы. Очередное преждевременное разрушение железобетонной шпалы исследовалось по традиционной для Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (ДНУЖТ) методике, запатентованной в 2009 году. Проведенные в работе исследования показали: 1) наличие в цементном камне вблизи песчаных частиц повышенной концентрации хлора и щелочных металлов, превышающих допустимые нормы за действующими стандартами; 2) разноразмерность кристаллов цементного камня указывает на избыток воды затворения в бетонной смеси; 3) наличие в структуре цементного камня волокон древесины, которые за счет дополнительного впитывания влаги ускоряют химические реакции в бетоне эксплуатируемых шпал; 4) скорость щелочно-кремниевой реакции в бетоне шпал составляет 5 мкм в год; 5) наличие волокон древесины указывает на неудовлетворительную чистоту отсева заполнителей, в частности щебня; 6) хлор-ионы дополни-

## ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

тельно ускоряют реакции структурного преобразования цементного камня. **Научная новизна.** В работе выявлена скорость коррозионных процессов в бетоне шпал украинского производителя. Показано влияние на скорость коррозии загрязненности крупных заполнителей органическими веществами, в частности волокнами древесины. Показаны характерные признаки ускорения коррозионных процессов вследствие избытка воды и хлор-ионов в структуре цементного камня. **Практическая значимость.** Выявление характерных признаков преждевременного разрушения бетона подрельсовых оснований позволяет предупредить массовый выход из строя железнодорожных шпал, который негативно влияет на безопасность движения по железной дороге. Предложенная ДНУЖТ безпропарочная технология производства железобетонных шпал с применением отечественных поликарбоксилатных добавок к бетонам (в комплексе с применением для просеивания щебня просеивающих поверхностей нового поколения производства ЧП «Логия») даст возможность вывести украинских производителей железобетонных шпал на европейский уровень. Контроль микроструктурных характеристик во время производственного процесса позволит предупреждать массовые преждевременные разрушения бетона шпал и продавать продукцию украинских заводов железобетонных шпал европейским потребителям. При этом предлагаемый метод контроля качества бетона является неразрушающим и не требует вывода из строя только что изготовленных железобетонных шпал.

**Ключевые слова:** бетон; микроструктура цементного камня; железобетонные шпалы; преждевременное разрушение; морфология структурных составляющих; спектральный анализ

V. V. KOVALENKO<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Life Safety», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (050) 489 07 72, e-mail kovalekovv@upp.dii.edu.ua, ORCID 0000-0002-1196-7730

## RESEARCH PREMATURE DESTRUCTION OF CONCRETE SLEEPERS ON THE MAIN LINES OF PUBLIC COMPANY «UZ»

**Purpose.** The study aims to identify the causes of premature destruction of concrete sleepers of one of Ukrainian producers. **Methodology.** Applied microstructural, fractographic, X-ray microanalysis revealed causes of transient corrosion processes in concrete. **Findings.** Subject of study in this work is a cement rock and concrete structure of prematurely shattered concrete sleepers. Another premature destruction of concrete sleepers was studied using the traditional method for Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (DNURT) that was patented in 2009. The conducted research showed: 1) a cement rock near the sand particles of high concentration of chlorine and alkali metals exceeding permissible in existing standards; 2) different grained cement crystals indicates excess of water in the concrete mixture; 3) the presence in the cement rock structure of wood fibers, which are due to the additional moisture absorption accelerate chemical reactions in the operated concrete sleepers; 4) speed of alkaline-silicic-acidic reaction in concrete sleepers is 5 microns per year; 5) availability of wood fibers indicates unsatisfactory purity of aggregates screening, including crushed stone; 6) chlorine ions further accelerate structural transformation reaction of cement. **Originality.** The paper found the rate of corrosion processes in concrete sleepers of Ukrainian producer. The influence on the corrosion rate of contamination of large aggregates of organic substances, including wood fibers was shown in the article. There were presented characteristic signs of accelerating corrosion processes as a result of excess of water and chlorine ions in the structure of cement rock. **Practical value.** Identifying the typical signs of premature destruction of concrete under rail foundations prevents massive failure of railway sleepers, which affects negatively the railway traffic safety. The proposed by DNURT without steaming technology of concrete sleepers production using domestic polycarboxylate concrete additives in combination with the use for screening of gravel the screening surface of new generation produced by PE «Logiya», will bring concrete sleepers of Ukrainian producers on the European level. Control of microstructural characteristics during the production process will prevent the mass premature destruction of concrete sleepers and sell products of Ukrainian concrete sleeper production plants to the European consumers. At this the proposed method of quality control of concrete is non-destructive and does not require disabling the newly made concrete sleepers.

**Keywords:** concrete; microstructure of cement rock; concrete sleepers; premature destruction; structural components morphology; spectral analysis

## REFERENCES

1. V.V. Rybkin, Kovalenko V.V., Yu. L. Zaiats, Pshinko P.O., Kovalenko S.V., Yakovliev V.O. Deiaki aspekty tekhnologichnykh pryimiv vyrobnytstva ta kontroliu ekspluatatsiinoho resursu zalizobetonnykh shpal v Ukraini ta sviti [Some aspects of technological methods of production and control of operational lifetime of concrete sleepers in Ukraine and abroad]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy – Railway Transport of Ukraine*, 2012, no. 3/4, pp. 76-81.
2. Rybkin V.V., Kovalenko V.V., Zaiats Yu.L., Pshinko P.O., Kovalenko S.V., Yakovliev V.O. Doslidzhennia ekspluatatsiinoi stiiakosti zalizobetonnykh shpal ta osnovni tekhnologichni pryimy yii pokrashchennia [Research of the operational stability of the concrete sleepers and basic technological methods of its improvement]. *Budivnytstvo Ukrainy – Construction in Ukraine*, 2011, no. 4, pp. 19-23.
3. Rybkin V.V., Kovalenko V.V., Zaiats Yu.L., Pshinko P.O., Lysniak V.P., Yaryshkina L.O., Vasylieva S.V. Doslidzhennia fizyko-khimichnykh vlastyvosti dribnykh zapovniuvachiv dlia vyrobnytstva zalizobetonnykh shpal [Research of physical and chemical properties of small fillers for production of ferro-concrete sleepers]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2012, vol. 40, pp. 140-145.
4. Rybkin V.V., Kovalenko V.V., Zaiats Yu.L., Pshinko P.O., Lysniak V.P., Yaryshkina L.O., Vasylieva S.V., Kovalenko S.V. Doslidzhennia fizyko-khimichnykh kharakterystyk krupnykh zapovniuvachiv betonu dlia vyrobnytstva zalizobetonnykh shpal [Research of physical and chemical characteristics of large fillers for production of ferro-concrete sleepers]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 42, pp. 242-245.
5. DSTU B V.2.6-145:2010 (HOST 31384:2008, NEQ) Zakhyst betonnykh i zalizobetonnykh konstrukttsii vid korozii. Zahalni tekhnichni vymohy [State Standard B V.2.6-145:2010 (State Standard 31384:2008, NEQ) Protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion. General specifications]. Kyiv, Ukrarkhbudinorm Publ., 2010. 56 p.
6. DSTU B V.2.7-46:2010 Budivelni materialy. Tsementy zahalnobudivelnoho pryznachennia. Tekhnichni umovy. Derzhavnyi komitet z budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovoi polityky Ukrainy [State Standard B V.2.7-46:2010. Building materials. Cements for general purposes. Specifications. State Committee for Construction, Architecture and Housing Policy of Ukraine]. Kyiv, Vydavnytstvo standartiv Publ., 2010. 20 p.
7. *Yevropeyskyi standart EN 1504 Materialy i systemy dlia remontu i zakhystu betonnykh konstrukttsii* (European Standard EN 1504 Materials and systems for the protection and repair of concrete structures). Available at: [http://emaco26.ru/d/180619/d/evropeyskiy\\_standart\\_en\\_1504.pdf](http://emaco26.ru/d/180619/d/evropeyskiy_standart_en_1504.pdf) (Accessed 04 July 16).
8. Kovalenko V.V., Zaiats Yu.L., Pshinko P.O. Doslidzhennia prychnyn peredchasnoho ruinovannia zalizobetonnykh shpal na Znamianskii dystantsii kolii PCh 10 Odeskoi zaliznytsi [The causes study of the premature destruction of the concrete sleepers on the Znamenka track of the IF10 of the Odessa railway]. *Nauka ta Prohres Transportu – Science and Transport Progress*, 2015, no. 6 (60), pp. 149-163. doi: 10.15802/stp2015/57100.
9. Pshinko O.M., Kovalenko V.V., Zaiats Yu.L., Kovalenko S.V., Pshinko P.O. Metodyka doslidzhennia strukturoutvorennia v betonakh ta budivelnnykh rozchynakh. Svidotstvo DNUZT pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 29586. 27.07.2009 [Research Methodology of structure formation in concretes and mortars. Copyright Registration Certificate. No. 29586. 27.07.2009]. 1 p.
10. Kharchenko V.A., Kovalenko S.V., Kovalenko V.V. *Prosvaiucha poverkhnia hrokhota* [Screening surface of separation screen]. Patent UA, no. 20100667, 2012.
11. Shtark Y., Bernd V. *Dolgovechnost betona* [Concrete durability]. Kyiv, Oranta Publ., 2004. 301 p.
12. Tang S.W., Yao Y., Andrade C., Li Z.J. Recent durability studies on concrete structure. *Cement and Concrete Research Keynote*, 2015, vol. 78, pp. 143-154. doi: 10.1016/j.cemconres.2015.05.021.
13. Scrivener K.L., Juilland P., Monteiro P.J.M. Advances in understanding hydration of Portland cement. *Cement and Concrete Research*, 2015, vol. 78, pp. 38-56. doi: 10.1016/j.cemconres.2015.05.025.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. М. І. Нетесою (Україна); д.т.н., проф. М. В. Савицьким (Україна)

Надійшла до редколегії: 21.03.2016

Прийнята до друку: 04.07.2016