

Гончаренко Д.Ф., Костюк Т.О.

*Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua)*

Вороненко В.О.

*К.П. «Харківводоканал»
(вул. Шевченка, 2, Харків, 61013, Україна)*

КОРОЗИЯ - ОСНОВНИЙ ЧИННИК, ЩО ВЕДЕ ДО РУЙНАЦІЇ МЕРЕЖ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

У роботі проаналізовано дослідження впливу агресивного середовища систем водовідведення на експлуатаційні властивості бетону та розчину на портландцементі. Проранжено фактори, що впливають на корозійну стійкість цементного каменю. Запропоновано засоби, що дозволяють застосовувати бетон і розчин на портландцементі в агресивному середовищі каналізаційних мереж.

Ключові слова. Агресивне середовище, портландцемент, сульфатна агресія, вилуговування, ущільнення.

Вступ. Як показують дослідження науковців [1-4], мережі водовідведення, до яких слід віднести каналізаційні трубопроводи різних діаметрів та тунелі, повинні задовольняти наступним вимогам:

- відзначатися достатньою міцністю, для того щоб протистояти механічним зусиллям від тиску землі, від власної ваги і ваги від води що протікає по трубопроводу або тунелю, від стирання лотків твердими предметами, що знаходяться в стічних водах, від дії тимчасових навантажень з поверхні землі (потяги, трамваї, автомобілі і т.п.);

- мати водонепроникні стіни та стикові з'єднання, що охороняють ґрунт від забруднення стічними водами і попереджати можливість проникнення в трубопроводи і тунелі ґрунтових вод ззовні;

- бути стійкими проти агресивної дії на конструкції каналізаційних мереж стічних і ґрунтових вод і газів.

Крім перелічених вимог необхідна раціональна експлуатація каналізаційних мереж з регулярним наглядом за роботою і станом мережі, із своєчасним їх очищенням від осадку та плановим ремонтом.

Як відомо [5, 6] звичайні господарчо-фекальні води, поки вони свіжі, не чинять

шкідливої дії на каналізаційні мережі, як в роздільній, так і в загально-сплавній системах каналізації, якщо мережі виконані технічно правильно.

Стічні води іншого складу, як наприклад агресивні, які спускаються в каналізаційну мережу промисловими підприємствами, вимагають застосування особливо стійких будівельних матеріалів і конструкцій або посиленних захисних засобів. Відносно хімічної стійкості матеріалів, то в цьому відношенні загрозливими є: цементний розчин, який застосовується при кладці, деякі види природнього каменю, наприклад вапняк.

Багато десятиріч тому будівельними матеріалами для самопливних каналізаційних колекторів були переважно кераміка, клінкерна та цегляна кладка на цементному розчині, рис. 1, а при сприятливих умовах - кладка із природнього каменю.

Колектори із цегляної кладки на цементному розчині, які достатньо широко застосовувались на початку минулого століття, при їх улаштуванні для діаметрів від 1,0 до 2,0 м вимагали спеціальної клинчастої цегли високої якості. Відносно швів такої кладки із цементного розчину то вони як

і стінки бетонних трубопроводів та колекторів підлягають руйнівній дії стічних вод. Необхідно відмітити [8], що в одному кубічному метрі кладки цегляного колектору міститься в середньому приміром стільки ж цементу як і в одному метру кубічному бетонного колектору.



Рис. 1. Каналізаційний колектор з цегляної кладки [7]

Аналіз стану каналізаційного колектору збудованого в 30-ті роки для транспортування стічних вод від ХТЗ [9] показав, що дію корозії відчули на собі насамперед розчини у швах кладки.

Основний зміст роботи. Недоліком бетону і розчину з портландцементу, у стані неповного тверднення (до 28 діб), є вміст значної кількості вапна $\text{Ca}(\text{OH})_2$, яке розчиняється у воді, особливо м'якій, і вимивається водою з бетону. Ця дія на бетон посилюється при наявності у воді вільної (агресивної) вуглекислоти. Процес утворення вапна у бетоні та розчині відбувається наступним чином:



Складовою цементного розчину і бетону є аліт, який під дією води розкладається на силікат кальцію і гашене вапно. Під впливом води вапно розчиняється і вимивається з бетону, утворюючи каверни, а силікат кальцію в подальшому розкладається на вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та аморфний кремнезем SiO_2 . Це приводить до повної руйнації бетону або розчину, складовою яких є портла-

ндцемент. Цей процес руйнації може уповільнюватися при наявності у повітрі та воді вуглекислоти, що сприяє до поверхневої карбонізації бетону (розчину), утворюючи на поверхні корку з вуглекислого кальцію. Але зовсім цей процес руйнування не припиняється. Надземні частини каналізаційних бетонних споруд руйнуються повільніше, так як у повітрі вуглекислоти більше ніж у воді.

Таким чином, одним з чинників руйнації бетонних конструкцій колекторів, а також розчинів у швах цегляної кладки є вимивання (вилуговування) водою вапна, що робить бетон (розчин) більш пористим і призводить до зменшення міцності. Цей процес спостерігається за зовнішніми ознаками, а саме - утворенням білих нальотів. Наявність гідростатичного тиску в каналізаційних мережах, що прокладені нижче рівня ґрунтових вод посилює процес вилуговування з цементного розчину чи бетону. Цей процес наявно видно на протилежній напорі води стінці колекторів і названо проф. В.П. Скрильніковим «білою смертю бетонів», рис. 2, 3, 4 [10-11].



Рис. 2. Колектор, де руйнування бетону у плитах та розчину у швах кладки з бутового каменю відбувається в результаті вилуговування (позначено стрілками).

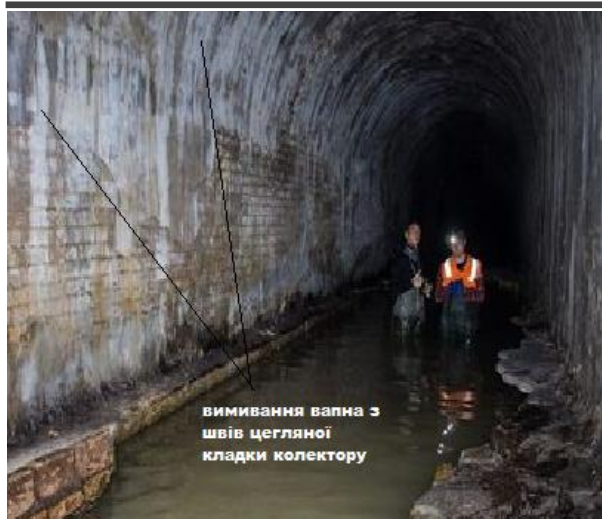


Рис. 3. Вимивання (вилуговування) вапна із швів цегляної кладки колектору.



Рис. 4. Руйнування бетонної труби колектору у результаті вимивання вапна із тіла бетону.

Явище, що показане на рис. 2-4, спостерігається досить часто, коли не зовсім застверділий бетон, або розчин (менш ніж 28 діб) піддається дії води.

Таким чином можна зробити висновок, що бетони та розчини на портландцементі, які можуть застосовуватися у каналізаційних мережах повинні бути максимально щільними. Такі бетони і розчини можна отримати шляхом застосування комплексу з хімічних і мінеральних добавок, що ущільнюють бетон (розчин) і роблять його непроникним навіть під тиском води.

Другим фактором, що може призводити до руйнації бетонів та розчинів на основі портландцементу це фізико-хімічні дії.

До них відносяться мороз і спека. Якщо бетон, в якому почалися процеси твердіння промерзає, то він послаблюється назавжди, а зовнішній шар його, як правило, починає відставати. В спекотну та суху погоду процеси гідратації цементу також залишаються незакінченими, за рахунок швидкого випаровування води. В результаті з'являється велика кількість усадних тріщин і зменшення міцності бетону (розчину). Ці процеси неможливо виправити при подальшій експлуатації бетону (розчину).

Третім фактором руйнації бетону (розчину) є хімічна дія, яка полягає у зв'язуванні вапна із цементу з кислотними газами з повітря і стічних вод (нітрати, сульфати, хлориди), що призводить до утворення розчинних солей або продуктів, які у кілька разів більші за об'ємом, ніж складові цементного каменю (сульфатна корозія). Це призводить до розчинення і вимивання або розтріскування бетону відповідно. З одного боку в бетоні (розчині) утворюються каверни, з іншого – тріщини. Однак у обох випадках результат однаковий. В результаті хімічної корозії бетон втрачає міцність і частки заповнювача розпадаються, рис. 5, 6 [12-15].



Рис. 5. Сульфатна корозія бетону



Рис. 6. Газова корозія бетону, втрата в'язучих властивостей цементного каменю: утворення гіпсу у цементному камені бетону з сульфатним середовищем каналізаційної мережі веде до руйнації бетону.

Гази, що знаходяться у стічних водах, складаються у більшості із сірководню, який по суті є слабкою кислотою і утворює з вапном на вологих стінках конструкцій мереж водовідведення розчинні у воді вапнякові солі, що призводить до вилугування цементного каменю бетону. Але більш небезпечним є те, що сірководень здатний до окислення у сірчану кислоту. В даному разі з вапном бетону утворюється сірчистий кальцій, який потім окислюється до гіпсу і руйнує бетон, бо об'єм гіпсу більше ніж початковий об'єм вихідних компонентів. В подальшому гіпс розчиняється

у воді і вимивається з бетону, що остаточно призводить до втрати міцності конструкції, рис.6. Ще більш небезпечним є утворення сульфоалюмінату кальцію з алюмінатною фазою цементного каменю бетону (розчину) і сульфатними складовими стічних вод. Ця сіль – $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 30\text{H}_2\text{O}$, її ще називають сіллю Деваля, еtringітом або цементною «бацилою», кристалізується з тридцятьма молекулами води зі збільшенням об'єму у декілька разів, що спучує і розкришує бетон, рис. 7 [13].

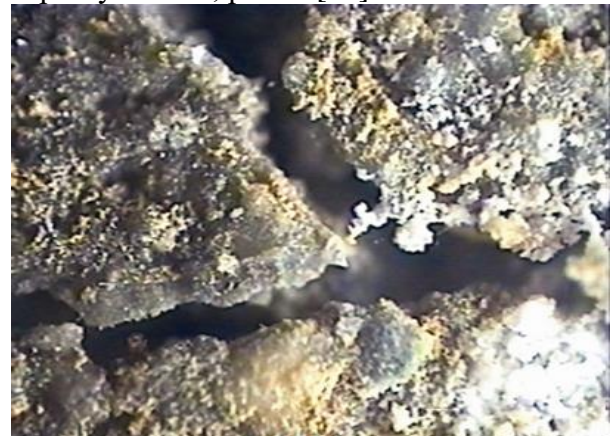


Рис.7. Утворення тріщин бетону при виникненні в ньому системи еtringіт-таумасіт

В результаті сульфатної корозії вже при утворенні гіпсу об'єм структури збільшується вдвічі, ніж попередній, будь то вапно CaOH_2 чи карбонат кальцію CaCO_3 . При утворенні еtringіту (солі Деваля) об'єм збільшується більш ніж у 20 разів, що викликає сильне розтріскування бетону (розчину). Тріщини сприяють проникненню у структуру бетону значної кількості води, що призводить до розчиненню еtringіту на гідроксид алюмінію і гіпс. Останній буде вимиватися водою, а гідроксид алюмінію - випадати у вигляді слизистої маси у колекторі. Наявність такого слизу у трубопроводі або шахті свідчить про його руйнування у результаті сульфатної корозії, рис. 8 [16].



Рис. 8. Руїнування бетонного трубопроводу при сульфатній корозії:

1 – утворення гіпсу; 2 – утворення гідроксиду алюмінію при розчиненні еtringіту (солі Деваля)

Процес руйнування бетону під дією сірчанних вод або газів найбільш небезпечний, так як викликається навіть слабкими розчинами і розпочавшись призводить до глибоко ураження бетону (розчину), тому що починаючи руйнуватися з поверхні бетон все більше розтріскується, пропускаючи сірчану воду все глибше у свою структуру в наслідок чого процес руйнації прискорюється. При наявності сірководню у стічних водах процес руйнування бетону відбувається вище рівня води, а нижче цього рівня відбувається головним чином вилугування бетону, тобто вимивання вапна.

Обговорення результатів, висновки. Таким чином, можна зробити висновок, що застосування бетону (розчину) у каналізаційних мережах може бути позитивним при вирішенні питання його водонепроникності [17-21]. Це досягається по-перше використанням спеціальних мінеральних і хімічних добавок на стадії приготування бетонних сумішей [19, 20, 22-23]. Мінеральні тонкомелені добавки сприятимуть ущільненню бетону (розчину) на мезорівні, заповнюючи простір між частками в'язучого і дрібним заповнювачем (піском). Хімічно-активні добавки сприятимуть синтезу додаткових «небезпечних» для цементного каменю кристалогідратних сполук з

гідроксидом кальцію (вапном) і алюмінатною фазою портландцементу, що по-перше нейтралізує ці фази клінкеру для подальшої їх взаємодії з активними компонентами рідкого та газового середовища каналізаційних мереж, по-друге ущільнює структуру бетону на мікрорівні.

Другим чинником стабільності бетонів (розчинів), в умовах агресивного середовища каналізації, є використання спеціальних технологій укладання бетону для збільшення його щільності з обов'язковою витримкою бетону або розчину не менш ніж 28 діб при нормальних умовах для завершення процесів гідратації портландцементу. При цьому слід зауважити, що у суху та жарку погоду вода з бетону випаровується і слід прийняти міри по її утриманні, а у дощову погоду з непрогідратованого до кінця цементного в'язучого, може вимиватися (вилугуватися) вапно. І те і інше призводить до втрати щільності, утворенню каверн, тобто до втрати водонепроникності бетону та його експлуатаційних властивостей у каналізаційних мережах. Якщо знехтувати витримкою бетону на повітрі до закінчення процесів гідратації цементного в'язучого, то процес вилугування вапна з бетону почнеться одразу з початку експлуатації конструкції.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Гончаренко Д.Ф. Преимущества применения базальтовых труб в инженерных коммуникациях/ Д.Ф. Гончаренко, А.Н. Коваленко, Ю.В. Булгаков, Д.О. Бондаренко / Наук. вісн. будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2014. – Вип. 3 (77). – С. 77-82.
2. On renovation of the destroyed tunnel sewer collector in Kharkiv/ Alexei Garmash, Gennadii Zubko, Dmitrii Goncharenko Alexei Garmash, Gennadii Zubko, Dmitrii Goncharenko / World Journal of Engineering, 2016. – Vol. 13 Iss: 1, PP. 72-76.
3. Tiefliegende Abwassertunnel in der Stadt Charkow/ D. Gontscharenko, D. Bondarenko, A. Ratschkowskij / Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2017 (64). Nr. 12. – P. 1062-1065.

4. Обухов В.С. Аварии канализационных коллекторов и борьба с ними. – М: Стройиздат, 1939. – 116 с.
5. Водоснабжение и водоотведение: Энциклопедия / Отв. ред. А. Е. Попов. — К.: Логос, 2002. — 488 с.
6. Очищення стічних вод природними дисперсними сорбентами: [монографія] / М. С. Мальований, І. М. Петрушка ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т «Львів. Політехніка». – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. – 180 с.
7. Причины и методы руйнування залізобетону в умовах агресивного середовища [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.oointel-stroy.ru/articles/razrushenie_betona.html
8. Кількість цементу на кубічний метр кладки [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://1pokirpichy.ru/rastvory/rasxod-sementa-na-kub-kladki.html>
9. Возле ХТЗ ремонтируют канализационный коллектор [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.city.kharkov.ua/ru/news/bilya-khtz-remontuyut-kanalizatsiyniy-kolektor-27413.html>
10. Стан каналізаційних колекторів в Україні. У центрі Києва може провалитися дорога. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://kiev-ukr.segodnya.ua/kommunalka/v-centre-kieva-mozhet-provalitsya-doroga-566390.html>
11. Скрыльников В.П. Бетон и «белая смерть» бетона. - Гидротехническое строительство, 1933, №1, С.7-9
12. Защита бетона от коррозии. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://o-emente.info/remont-betonnih-izdelij/zashhita-ot-korrozii-betona.html>
13. Проблема сульфатної корозії у сучасному бетоноведенні [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.allbeton.ru/article/80.html>
14. Коррозия бетона: виды, властивості і захист від неї [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://taurian.com.ua/koroziya-betonu-vidi-vlastivosti-i-zahist-vid-neyi.html>
15. Ремонт каналізаційного колектору [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.ng.kz/modules/news/article.php?storyid=7604>
16. Каналізація першої черги [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://darkdiary.ru/users/Federal_security_service/2889515/comment/
17. Гончаренко Д.Ф. Исследование и сравнительный анализ пенетрирующих гидроизолирующих марки «Виатрон» и «Аквафин-ИЦ»: [Текст] / Т.А. Костюк, Д.Ф. Гончаренко, А.Н. Кононенко // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. – Киев: Техника, 2007. – Вып. 79. – С. 399-403
18. Костюк Т.А. Разработка инструментария для обоснованного выбора состава композита с повышенными гидрофизическими характеристиками на основании качественных характеристик эксплуатируемых объектов: [Текст] / Т.А. Костюк // Системы обработки информации: Зб. наук. праць. – Харків: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2015. – Вип. 9 (134). – С. 46-50.
19. Патент UA 103852 МПК С04В 22/06 (2006.1), С04В 22/10 (2006.01). Композиційний матеріал для екстреного ремонту та відновлення бетонних та кам'яних споруд / Костюк Т.О., Арутюнов В.А., Плагин А.А. [и др.]. Заявл. 12.08.2013; опубл. 25.11.2013; Бюл. № 22/
20. Патент UA 93322 С2, МПК С04В 41/65, 103/65, 24/00, 14/00, 28/00. Мінеральна суміш, що самоущільнюється, для гідроізоляційного покриття / Костюк Т.О., Салія М.Г., Бондаренко Д.О., Ізбаш Ю.М. Заявл. 29.01.2009, опубл. 25.01.2011; Бюл. № 2.
21. Патент UA 93322 С2, МПК С04В 41/65, 103/65, 24/00, 14/00, 28/00. Мінеральна суміш, що самоущільнюється, для гідроізоляційного покриття / Костюк Т.О., Салія М.Г., Бондаренко Д.О., Ізбаш Ю.М. Заявл. 29.01.2009, опубл. 25.01.2011; Бюл. № 2.
22. Interaction of Portland cement hydration products with complex chemical additives containing fiberglass in moisture-proof cement compositions / O.I. Demina, A.A. Plugin, E.B. Dedenyova, T.A. Kostuk, A.I. Bondarenko / Functional Materials, 2017; 24 (3): 415-419.
23. Interaction of Mineral and Polymer Fibers with Cement Stone and their Effect on the Physical-Mechanical Properties of Cement Composites/ Andrii A. Plugin, Tatyana O. Kostiuk, Dmitro A.. Bondarenko, Oleksiy A. Plugin / International Journal of Engineering Research in Africa, 2017. - Vol. 31, PP. 59-69.

Гончаренко Д.Ф., Костюк Т.А., Вороненко В.О. **КОРРОЗИЯ - ОСНОВНОЙ ФАКТОР, КОТОРЫЙ ПРИВОДИТ К РАЗРУШЕНИЮ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ.** В работе проанализированы исследования влияния агрессивной среды систем водоотведения на эксплуатационные свойства бетона и раствора на портландцементе. Проранжированы факторы, влияющие на коррозионную стойкость цементного камня. Предложены способы, которые позволят применять бетон и раствор на портландцементе в агрессивной среде канализационных сетей.

Ключевые слова: агрессивная среда, портландцемент, сульфатная агрессия, выщелачивание, уплотнение.

Goncharenko D.F., Kostyuk T.A., Voronenko V.O. **CORROSION IS THE MAIN FACTOR, WHICH CONTRIBUTES TO THE DESTRUCTION OF WATER NETWORKS.** In the paper, studies of the influence of the aggressive environment of drainage systems on the operational properties of concrete and mortar on Portland cement are analyzed. Factors influencing the corrosion resistance of cement stone are ranked. Methods are proposed that will allow the use of concrete and mortar on Portland cement in the aggressive environment of sewage networks.

Keywords: aggressive environment, Portland cement, sulfate aggression, leaching, compaction.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-92-2-162-166

УДК 624.21

Бильченко А.В., Кислов А.Г., Синьковская Е.В.

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(ул. Ярослава Мудрого, 25, Харьков, Украина; e-mail: kmksm@ukr.net)*

ПРОБЛЕМА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассматриваются причины разрушения защитного слоя бетона в железобетонных конструкциях. Принято считать, что защитный слой бетона не оказывает влияния на расчетную прочность железобетонных конструкций, поэтому его размер принимается конструктивно в зависимости от диаметра рабочей арматуры. Его задача, защитить арматуру от контакта с агрессивной средой. В процессе долговременной эксплуатации конструкции, защитный слой теряет свое функциональное назначение и начинается коррозия арматуры, что приводит к деградации железобетонного элемента. Таким образом, целью этой работы является показать влияние физических процессов и минимальных силовых воздействий на образование и раскрытие неустойчивых трещин в начальной стадии эксплуатации. Для выполнения этой задачи используются методы механики разрушения, изучающие свойства материалов в микрообъемах. Таким образом, вопрос стоит не о коррозии бетона защитного слоя, а о его разрушении от воздействия внутренних усилий в начальной стадии жизненного цикла элемента

Ключевые слова: мостовые сооружения, защитный слой, усадка, трещины, минимальные силовые воздействия, надежность/

Введение. Существовавшее ранее мнение о высокой долговечности железобетонных конструкций оказалось ошибочным в особенности, если конструкции эксплуатируются в открытом пространстве. Практика и опыт оценки уровня коррозии арматуры с течением времени показывает, что защитный слой бетона начинает разрушаться

под воздействием окружающей среды довольно быстро (в течении 10-15 лет). Если не применялись профилактические меры, то последующая коррозия арматуры может привести к полной деградации железобетонных конструкций через 30-40 лет. В особенности это относится к сборным конструкциям, так как ускоренное твердение в