

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту



**ТРАНСБУД-2018**

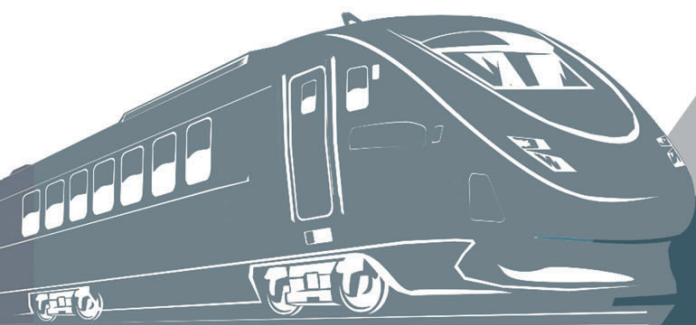
Конструкції, Матеріали та Інфраструктура

# ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ,

присвячена 110-річчю зі дня народження Заслуженого  
діяча науки і техніки України д.т.н. професора Ангелейка В.І.

VII-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

## Тези доповідей



14–16 листопада 2018 р., м. Харків, Україна

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 7-ої міжнародної  
науково-технічної конференції**

**«ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ  
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ НА  
ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»**,

що присвячена 110-річчю зі дня народження Заслуженого ді-  
яча науки і техніки України д.т.н., професора Ангелейка В.І.

**Харків 2018**

7-а Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», що присвячена 110-річчю зі дня народження Заслуженого діяча науки і техніки України д.т.н., професора Ангелейка В.І., Харків, 14-16 листопада 2018 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 223 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та будівельної галузі за трьома напрямками: залізниці, метрополітени та промисловий транспорт; будівельні конструкції, будівлі та споруди; будівельні матеріали, захист і ремонт конструкцій та споруд.

ВПЛИВ РІВНЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ПІДСИЛЕНИХ ОБОЙМОЮ <b>П.І. Країнський, Я.З. Бліхарський, П.І. Вегера, Р.Є. Хміль .....</b>	<b>117</b>
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ МІЦНОСТІ ПРОГОННИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ <b>О.М. Крантовська, М.М. Петров, Л.М. Ксьоншкевич, С.В. Синій, П.О. Сунак .....</b>	<b>119</b>
АНАЛІТИЧНІ ФОРМУЛИ ДЛЯ ЧАСТОТ КОЛИВАНЬ ШАРНІРНО ОБПЕРТИХ КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ ВЛАСНОЇ ВАГИ <b>Ю.С. Крутій, Н.Г. Сур'янінов, В. Ю. Вандинський .....</b>	<b>121</b>
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ І ПРОЕКТУВАННЯ ПЛИТ НА ПРУЖНІЙ ОСНОВІ, АРМОВАНИХ НЕМЕТАЛЕВОЮ КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ <b>О.І. Лугченко, А.Х. Нажем, Д.О. Орешкін .....</b>	<b>123</b>
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ СИЛОСНИХ ЄМНОСТЕЙ НА ВІТРОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ <b>Н.О. Махінко .....</b>	<b>113</b>
НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ АРХІТЕКТУРНИХ СПОРУД В УМОВАХ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЙ <b>В. П. Мироненко, Д. В. Сопов .....</b>	<b>127</b>
ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ СЖИМАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОННЫХ И СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ <b>С.Ф. Неутов, М.М. Сидорчук, А.С. Шиляев .....</b>	<b>129</b>
МЕТОДИКИ НАТУРНИХ ВОГНЕВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ МІЖ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ПРОМИСЛОВИМИ СПОРУДАМИ <b>В.В. Ніжник, С.В. Поздєєв, Ю.Л. Фещук .....</b>	<b>131</b>
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ У КАБЕЛЬНИХ ТУНЕЛЯХ <b>О.М. Нуянзін, М.А. Кришталь, А.А. Нестеренко, Д.О. Кришталь .....</b>	<b>133</b>
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ <b>Ю.А. Отрош, О.В. Васильченко, О.М. Данілін, І.М. Хмиров.....</b>	<b>135</b>
ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ПРИ КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТІ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТІВ <b>О.П. Пінчук, В.І. Соломка, А.Ю. Решетньов.....</b>	<b>137</b>
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БАЗАЛЬТОВОЇ ФІБРИ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АВТОДОРОЖНІХ МОСТАХ <b>Є.П. Плазій, А.М. Онищенко.....</b>	<b>139</b>

## ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ

### DEFINITION OF THE PERIOD OF OPERATION OF CONSTRUCTIONS

*канд. техн. наук Ю.А. Отрош, канд. техн. наук О.В. Васильченко,  
канд. техн. наук О.М. Данілін, канд. психол. наук І.М. Хмиров  
Національний університет цивільного захисту України (м. Харків)*

*Y.A. Otrosh, PhD, A.V. Vasilchenko, PhD, A.N. Danilin, PhD, I.M. Khmyrov, PhD  
National University of Civil Defence of Ukraine (Kharkiv)*

Зростання ризику виникнення техногенних надзвичайних ситуацій в Україні обумовлено тим, що в останні роки в найбільш відповідальних галузях об'єкти підвищеної небезпеки та потенційно небезпечні об'єкти мають напрацювання проектного ресурсу на рівні 50-70%, іноді досягаючи перед аварійного рівня. Якщо конструктивні заходи захисту від нерівномірних осідань основи відсутні (що характерно для будівель, які побудовано у повоєнний час), з'являються тріщини та інші дефекти, які спричинено нерівномірними деформаціями основи [1-2]. У документі [3] під безпекою розуміється відсутність неприпустимого ризику, пов'язаного з можливістю завдання будь-якої шкоди для життя, здоров'я та майна громадян, а також для навколишнього природного середовища. Незадовільний технічний стан багатьох будівельних об'єктів, що є наслідком їх зносу, потребує оперативного оцінювання технічного стану конструкцій з метою запобігання виникнення надзвичайних ситуацій.

Виходячи з вищевикладеного, актуальним завданням залишається створення доцільного та доступно простого, але ефективного способу визначення збільшення нормативного терміну експлуатації будівельних конструкцій, або їх перепризначеного ресурсу, на основі розрахунку його залишкового ресурсу, оскільки в країні з важкою економічною ситуацією, завдання продовження термінів експлуатації будівельних конструкцій, можливо, до двох-трьох, встановлених в документації гарантійних ресурсів або строків служби є актуальним і потребує уточнення відомих методів.

В роботі запропоновано підхід до визначення збільшення нормативного терміну експлуатації будівельних конструкцій на основі алгоритму чисельного розрахунку залишкового ресурсу конструкцій, який виконують на підставі результатів визначальних параметрів, отриманих під час технічного обстеження та оцінки дефектів, відмов і пошкоджень конструкцій. Розрахунок виконується на підставі побудованих фізичних та математичних моделей об'єктів, визначальні параметри яких мають розвиток у часі, або на підставі вимірів визначальних параметрів в натурі в різні моменти часу. Розрахунок визначальних параметрів в залежності від часу виконують по формулі лінійного виду:

$$x_i(t) = x_i^0 + s_i \cdot t \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (1)$$

де  $x_i^0$  - значення визначального параметра з номером  $i$  у момент обстеження;  $s_i$  - швидкість зміни визначального параметра з номером  $i$ ;  $t$  - час, який обчислюють від моменту обстеження.

Розрахунок визначальних параметрів на підставі їх вимірів в натурі в різні моменти часу виконують по визначенні швидкості зміни визначального параметра, який встановлюють на підставі вимірів цього параметра в натурі в два різних моменти часу  $t_1$  і  $t_2$ , причому, для отримання достовірних результатів тимчасову базу  $\Delta t = t_2 - t_1$  вимірюють роками, і у підсумку, швидкість зміни  $s_i$  визначального параметра  $x_i$  обчислюють за формулою:

$$s_i = \frac{x_i^2 - x_i^1}{\Delta t} \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (2)$$

де  $x_i^1$  - значення визначального параметра  $x_i$  в момент часу  $t = t_1$ ,  $x_i^2$  - значення визначального параметра  $x_i$  в момент часу  $t = t_2$ , зокрема, при багаторазовому вимірюванні одного і того ж визначального параметра:  $x_i^1$  - є середнє арифметичне результатів вимірювань параметра  $x_i$  в момент часу  $t=t_1$ , а  $x_i^2$  - середнє арифметичне результатів вимірювань параметра  $x_i$  в момент часу  $t=t_2$ ; крім того, визначення збільшення нормативного терміну експлуатації будівельних конструкцій виконують по параметрам несучої здатності конструкції, починаючи зі встановлення несучої здатності будівельної конструкції або її конкретного елемента за проектними даними  $F_{pr}$ , а потім, на підставі проведеного обстеження встановлюють параметри функції несучої здатності  $\Phi_u[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t), y_1, y_2, \dots, y_n]$  для будівельної конструкції або її конкретного елемента та визначають несучу здатність конструкції  $F_{cr} = \Phi_u[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t), y_1, y_2, \dots, y_n]$ , після чого за результатами розрахунку встановлюють максимальні зусилля в даній конструкції та порівнюють:  $F_{cr} = \Phi_u[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t), y_1, y_2, \dots, y_n]$ , і в кінцевому результаті визначають ресурс збільшення нормативного терміну експлуатації будівельної конструкції з використанням припущення щодо лінійної залежності зміни контрольованих параметрів від часу:

$$t_R = \Delta t \cdot \frac{F_{cr} - F}{F_{pr} - F_{cr}} \quad (3)$$

- [1] Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14:2009. – [Чинні 2009-12-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2009. – 32 с. – (Державні будівельні норми України)
- [2] Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Положення про розслідування причин аварій (обвалень) будівель, споруд, їх частин та конструктивних елементів: ДБН В.1.2-1-95. – [Чинні 1995-07-01]. – К.: Держбуд України, 1995. – 23 с. – (Державні будівельні норми України)
- [3] Настава щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. – [Чинні 2017-04-01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 45 с. – (Державний стандарт України)

Методом електронної мікроскопії встановлено, що необроблена поверхня керамічної лицьової цегли характеризується неоднорідною структурою з відкритими капілярними мікропорами. При просоченні поверхні зразка гідрофобізатором проникаючої дії з вмістом наночастинок структура вирівнюється та ущільнюється за рахунок колювання мікропор та мікротріщин, без утворення плівки. За методом Карстена водопоглинання керамічної лицьової цегли, модифікованої гідрофобізатором ГФ 2 через 4 год становить 0,04 мл/см<sup>2</sup>, міцність на стиск після 100 циклів зволоження та висушування складає 15,8 МПа, показник морозостійкості досягає марки F100. При захисті поверхні нанорідною гідрофобізуючою дією забезпечується зниження показників пористості, водопоглинання при капілярному підтягуванні, збільшення водонепроникності та висолостійкості конструкції.

- [1] Пушкарева Е.К., Суханевич М.В., Бондарь Е.В. Гидроизоляционные покрытия проникающего действия на основе шлакодержающих цементов, модифицированных природными цеолитами // Восточно-Европ. журн. – 2014. – № 3/6. – С. 57 – 62.
- [2] Varshavets P.G., Svidersky V.A., Chernyak L.P. Peculiarities of the structure and hydro physical properties of face brick. – European applied sciences // Stuttgart, Germany: ORT Publishing, 2014. – №1. – P. 106 – 110.
- [3] Підвищення експлуатаційних властивостей цегляної кладки зовнішніх стін огорожувальних конструкцій / Т.П. Кропивницька, М.А. Саницький, Р.М. Семенів, А.Т. Камінський // Науковий вісник будівництва. – 2018. – Т. 91, № 1. – С. 146 – 151.
- [4] Kropyvnytska, T., Semeniv, R. Ivashchysyn, H. Increase of brick masonry durability for external walls of buildings and structures // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 116. – 01007.

**УДК 691.3**

## **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭФФЕКТИВНЫХ БЕТОНОВ. ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ**

### **RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES FOR ADVANCED CONCRETE. PRACTICAL EXPERIENCE**

*д-р техн. наук А.Ю. Крот<sup>1</sup>, канд. техн. наук В.А. Рязанова<sup>2</sup>,  
д-р техн. наук А.И. Габитов<sup>2</sup>, канд. техн. наук А.С. Салов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (г. Харьков)*

*<sup>2</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет (г. Уфа)*

*A.Yu. Krot<sup>1</sup>, Dr. Sc. (Tehn.), V.A. Ryazanova<sup>2</sup>, PhD. (Tehn.),  
A.I. Gabitov<sup>2</sup>, Dr. Sc. (Tehn.), A.S. Salov<sup>2</sup>, PhD. (Tehn.)*

*<sup>1</sup>Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

*<sup>2</sup>Ufa State Petroleum Technological University (Ufa)*

В монолитном строительстве получили широкое применение бетоны с высокими эксплуатационными и прочностными показателями и бетонные смеси с модифицирующими добавками. На сегодняшний день актуальным является оптимизация и рациональное применение высокопрочных бетонов и бетонов по-

вышенной прочности, особенно в сочетании с арматурой новых классов прочности.

На всех стадиях производства современных бетонов с обеспечением прочностных и эксплуатационных показателей обеспечивается соблюдение оптимальных решений по подбору состава бетонной смеси, выбору и применению технологии изготовления, уходу за бетоном, доведению качества бетонных изделий и железобетонных конструкций до требуемого уровня технического состояния на стадии эксплуатации, обеспечению и поддержанию нормированного уровня [1].

Применяемые в практике немодифицированные бетонные смеси с предельной прочностью на сжатие 40 МПа (при классе прочности В30) имеют подвижность группы П1 (не выше ОК 1-5 см) и не могут применяться в монолитном строительстве. На основе органоминеральных модификаторов и известных суперпластификаторов для диапазона прочности 50-80 МПа (классы бетона В40-В65) реально получение бетонных смесей групп П4-П5 по подвижности, которые, в основном, обеспечивают потребности монолитной технологии строительства, включая бетонирование тонкостенных и густоармированных конструкций. Бетонные смеси с современными химическими добавками групп подвижности П1-П3 открывают возможности получения бетонов классов В80 и выше (марочной прочностью 100 МПа и более) [2].

Современные требования к бетону различны. Иногда требуются бетоны невысокой прочности, но с повышенными требованиями к специальным свойствам. Например, БСТ В15 П4 F75 W6 ГОСТ 7473-2010. Для выполнения требований по водонепроницаемости необходимо изготовить бетон более высокого класса по прочности на сжатие, чем бетон В15, изготовленный по обычной технологии, так как последний будет иметь марку по водонепроницаемости меньше, чем W6.

Получение и применение модифицированных бетонов сопряжено с проблемой не только достижения, а также необходимостью сохранить требуемый уровень прочности и проектируемые эксплуатационные показатели цементных бетонов с проведением дальнейших исследований структурообразования и деструкции в цементных системах.

Результаты работ по технико-экономическому обоснованию оптимального применения модифицированных бетонов повышенной прочности [3] и высокопрочной арматуры внедрены при строительстве 25 этажных жилых домов № 9 и 10 в микрорайоне «Бакалинский» в Кировском районе г. Уфы. Фактическое расхождение показателей между теоретическим технико-экономическим решением и реальными затратами материалов при строительстве составили: по бетону - в пределах 4,5 % и по арматуре - в пределах 6 %.

В соответствии с применением разработанного технико-экономического решения предусмотрена замена класса арматуры с исходного АIII на высокопрочную А500С при рациональном сочетании с модифицированными бетонами повышенной прочности. Применялась разработанная и зарегистрированная



программа для ЭВМ: «Расчет эффективного расхода арматурной стали по критерию снижения стоимости для вариантного сечения изгибаемого элемента».

Предлагаемый разработанный и получивший широкое применение в Республике Башкортостан аналитический аппарат позволяет выявить рациональные области применения эффективных классов бетонов и арматурной стали в железобетонных элементах с технико-экономическим обоснованием на стадии проектирования и выполнить количественную оценку их эффективности, что особенно важно в выборе модифицированных бетонов и современной арматуры для строительства каркасно-монолитных объектов.

- [1] Браун В. Расход арматуры в железобетонных элементах (перевод с немецкого В.Ф.Гончара) М.: Стройиздат, 1993. 144 с.
- [2] Vinnichenko V.I., Ryazanov A.N. Ecological indices of manufacture of Portland cement clinker and production of the dolomite clinker // MATEC Web of Conferences 6. Сер. "6th International Scientific Conference "Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings", Transbud 2017. С. 01020
- [3] Bedov A. I., Salov A. S., Gabitov A. I, CAD methods of structural solutions for reinforced concrete frame // XXI International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering "Construction - The Formation of Living Environment" (FORM 2018) 25–27 April 2018, Moscow, Russian Federation. Volume 365 (2018), 2018, P. 1-8.

**УДК 666.974.6**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНОАКТИВАЦІЇ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ З ДОБАВКОЮ МІКРОКРЕМНЕЗЕМУ**

## **THE RESEARCHES OF MECHANICAL ACTIVATION OF PORTLAND CEMENT WITH ADDITIVE OF MICROSILICA**

**канд. техн. наук Л. М. Ксьоншкевич<sup>1</sup>, канд. техн. наук О. М. Крантовська<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук М. М. Петров<sup>1</sup>, канд. техн. наук С. В. Синій<sup>2</sup>,  
д-р техн. наук А. В. Уль<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)*

<sup>2</sup>*Луцький національний технічний університет (м. Луцьк)*

<sup>3</sup>*Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки (м. Луцьк)*

**L. M. Ksonshkevych<sup>1</sup>, PhD (Tech.), O. M. Krantovska<sup>1</sup>, PhD (Tech.),  
M. M. Petrov<sup>1</sup>, PhD (Tech.), S. V. Synii<sup>2</sup>, PhD (Tech.),  
A. V. Uhl<sup>3</sup>, Dr. Sc. (Tech.)**

<sup>1</sup>*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa)*

<sup>2</sup>*Lutsk National Technical University (Lutsk)*

<sup>3</sup>*LesyaUkrainka Eastern European National University (Lutsk)*

Метою досліджень було проведення рентгено-фазового аналізу та вивчення мікроструктури цементного каменю в'язуче якого піддавалось механоактивації в спеціально виготовленому трибоактиваторі. Для вивчення процесів формування фазового складу і мікроструктури механоактивованого цементного каменю з добавкою 10% мікрокремнезему використано комплекс сучасних методів

фізико-хімічного аналізу [1, 2]. Рентгенофазові дослідження проводили методом порошків на дифрактометрі ДРОН-2.0 при  $\text{CuK}\alpha$  - випромінюванні. Досліджувані зразки роздрібнюють в агатовій ступці до повного проходження крізь сито № 008. Приготовану пробу наносили рівномірним шаром на кварцову кювету, попередньо змащену вазеліном, яку встановлювали на гоніометричний пристрій ГУР-5. За допомогою детектора рентгенівського випромінювання (сцинтиляційний лічильник, швидкість підрахунку 500 імп/с) записували дифрактограми в інтервалі кутів  $2\theta=8-50^\circ$ .

Дослідження мікроструктури препаративних зразків і фотографування сколів цементного каменю, гідратованого в різних умовах - на РЕМ TESLA BS-300, який дає можливість прямого дослідження поверхні твердих об'єктів.

Аналіз дифрактограм цементного каменю через 28 днів твердіння свідчить про утворення основних характерних фаз гідратів. В процесі механоактивації значно інтенсифікуються процеси гідратації, що підтверджується зниженням інтенсивності ліній негідратованого цементу ( $d/n=0.26; 0.260; 0.217$  нм), а також збільшенням інтенсивності ліній гідроокису кальцію ( $d/n=0.26; 0.49$  нм).

Введення мікрокремнезему супроводжується деяким закономірним зниженням інтенсивності ліній основних клінкерних мінералів і зниженням інтенсивності ліній  $\text{CaOH}_2$  ( $d/n=0.49; 0.261$  нм). Це пояснюється активною пуцолановою реакцією між портландцементом і мікрокремнеземом.

Про ефективність використання механоактивації в комплексі з добавкою мікрокремнезему свідчать дані мікрозондового аналізу. На мікрофотографіях спостерігається частина щільно упакованих гексагональних пластин, які відносяться до гідроокису кальцію. Також на мікрофотографії можна побачити зерно мікрокремнезему, яке ще не вступило в реакцію з  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . В той же час велика частина введеного мікрокремнезему взаємодіє з  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , утворюючи значну кількість кристалів гідросилікату кальцію. Низькоосновні С-S-H кристалізуються, сприяють утворенню міцних зв'язків між продуктами гідратації цементу, підвищуючи щільність і механічну міцність каменю.

Виявлено, що введення в портландцемент органо-мінеральної добавки з одночасною механоактивацією в'язучого дає можливість регулювати процеси структуроутворення. Аналіз дифрактограм цементного каменю показує, що в процесі механоактивації значно інтенсифікуються процеси гідратації, а введення 10% мікрокремнезему призводить до активної пуцоланової реакції між портландцементом і мікрокремнеземом.

Проведені дослідження показали, що механоактивація портландцементу з добавкою мікрокремнезему змінює якісний і кількісний склад новоутворень, що веде до зміни умов організації структури цементного каменю. У свою чергу, зміна характеру структуроутворення викликає зміну властивостей твердіючих композицій в порівнянні з цементними композиціями, отриманими за звичайною технологією [3-5]. Виявлено, що введення мікрокремнезему в портландцемент приводить до підвищення міцності цементного каменю в порівнянні з контролем від 26 % до 40% (в залежності від термінів твердіння).

В 28-и денному віці міцність цементного каменю на механоактивованому в'язучому з добавкою 10% мікрокремнезему в 1,4 рази вище відносно контролю [6]. Отже можна стверджувати, що направлена структурна модифікація приводить до підвищення міцності затверділих цементних композицій. Експериментально встановлено, що механоактивація рядового портландцементу у присутності мікрокремнезему і суперпластифікатора С-3 дозволяє отримувати важкі бетони класів С35/45...С90/105 з витратою в'язучого від 450 до 550 кг/м<sup>3</sup>. За результатами досліджень оптимізовано складові високоміцного бетону класу С70/85...С90/105.

- [1] Горелик С.С., Рентгенографический и электроннооптический анализ / С.С. Горелик, Л.Н. Расторгуев, Ю. А. Скаков // Учеб.пособие для вузов. - 3-е изд. доп. и перераб. - М.: МИСИС, 1994. - 328 с.
- [2] Шостак А.В.Кількісна стереомікрофрактографія: Монографія /В.М. Мельник, А.В. Шостак – Луцьк: ПВД «Твердиня», - 2010. – 460с.
- [3] Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин / Навчальний посібник. – Одеса: Астропрінт, 2002. – 100с.
- [4] Федоркин С.И. Механоактивация вторичного сырья в производстве строительных материалов. – Симферополь: Таврия, 1997. – 180с.
- [5] Ксєншкевич Л.Н. Высокопрочные бетоны на механоактивированом вяжущем: дис. канд. техн. наук: 05.23.05: Одесса, 2013, 145с.
- [6] Ксєншкевич Л.Н. Физико-химические и физико-механические методы исследования цементного камня с добавкой микрокремнезема / Л.Н. Ксєншкевич, И.В. Барабаш // Вісник ОДАБА. – Одеса: ОДАБА. - 2010. - вип. №40. - С.161-167.

**УДК 666.972.035.5:662.997**

## **АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ПОПЕРЕДНЬОГО ВИТРИМУВАННЯ БЕТОНУ ПРИ ТЕПЛОВІЙ ОБРОБЦІ НАГРІТИМ ПОВІТРЯМ**

### **ANALYSIS OF THE EXPEDIENCY OF PRE-CURING CONCRETE DURING HEAT TREATMENT WITH HEATED AIR**

*канд. техн. наук Т. С. Кугаєвська, канд. техн. наук В.В.Шульгін<sup>1</sup>  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (м. Полтава)*

***T.S. Kugaevska, PhD (Tech.), V.V. Shulgin, PhD (Tech.)**  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Poltava)*

Існує декілька видів теплової обробки бетонних виробів за допомогою сонячної енергії та повітрянагрівачів [1 – 6].

Проаналізовано вплив попереднього витримування важкого бетону при м'яких режимах теплової обробки нагрітим повітрям (до 30°C) на його фізико-механічні властивості. Поверхня бетону гідроізольована. Межі варіювання тривалості попереднього витримування бетону в закритій камері: 0 год (–1в кодованому вигляді); 1 год (0); 2 год (+1) (див. рис. 1, 2). Межі варіювання вмісту прискорювача твердіння: 0,8% від маси цементу (–1в кодованому вигляді); 1,4% (0); 2,0% (+1). На рис. 1,2 показано частину результатів експериментальних даних, відображених у програмі STATISTICA.

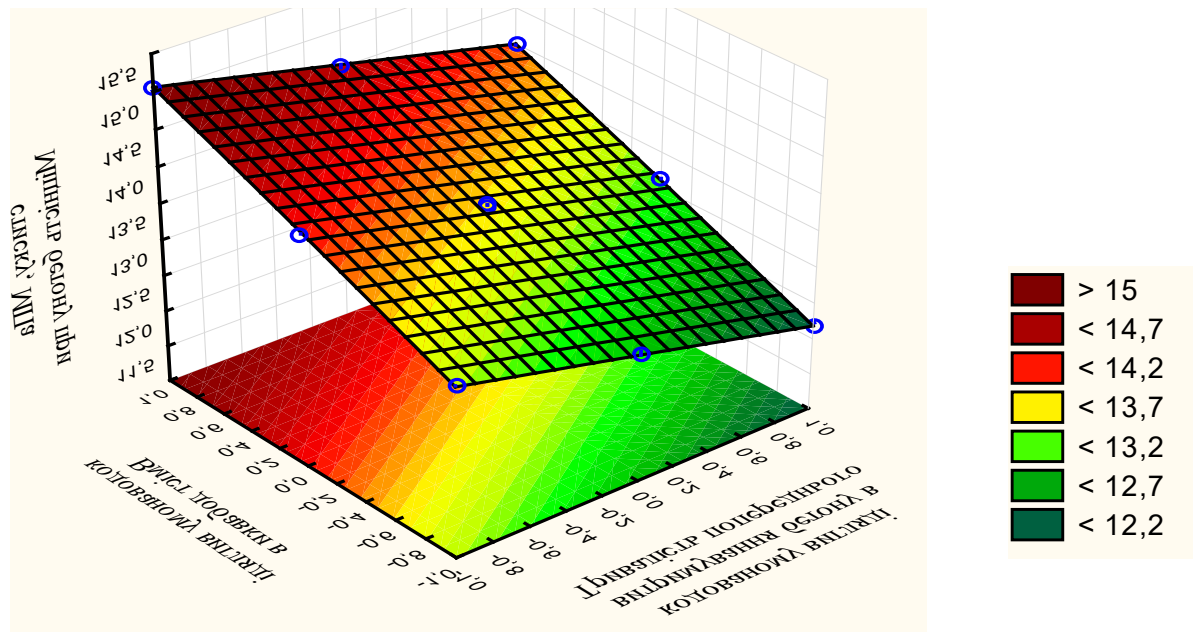


Рис. 1. Загальний вигляд функції відгуку міцності бетону при стиску у віці 1 доби

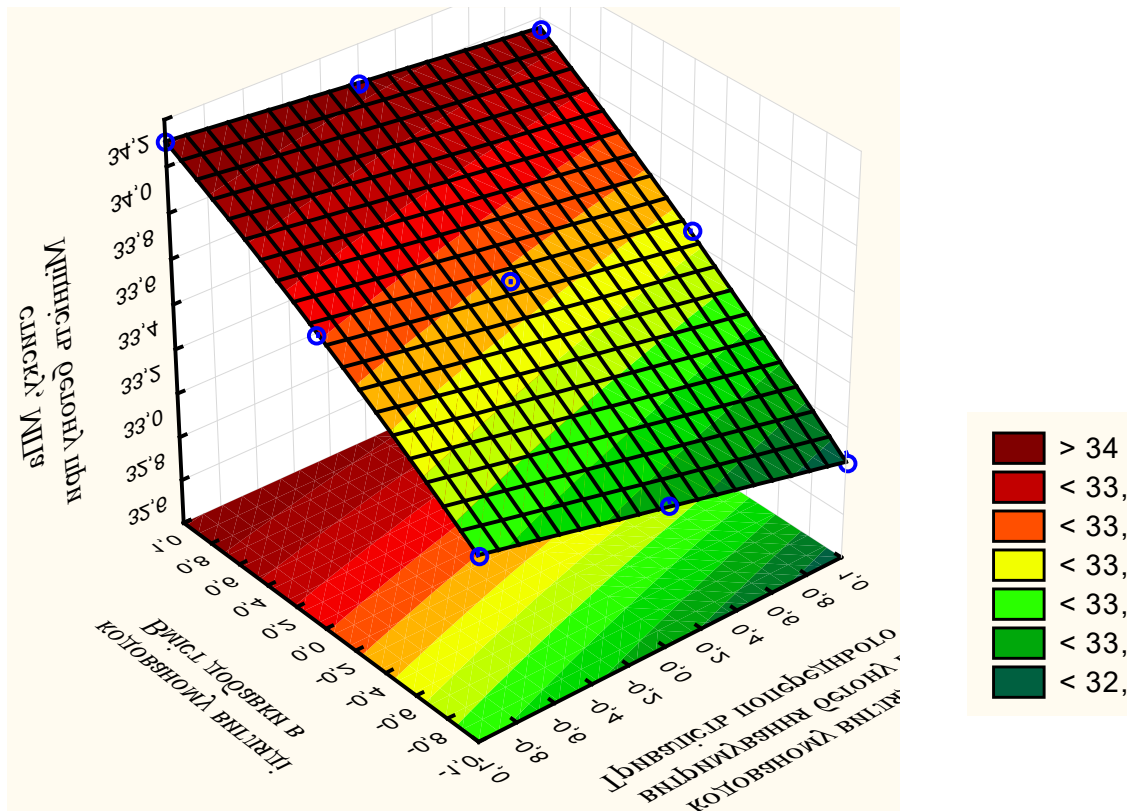


Рис. 2. Загальний вигляд функції відгуку міцності бетону при стиску у віці 28 діб

Установлено, що попереднє витримування при досліджуваній тепловій обробці знижує показники фізико-механічних властивостей бетону відповідно часу витримування.

Таким чином, при застосуванні теплової обробки бетонних та залізобетонних виробів (які знаходяться в закритих формах) із використанням повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії або в повітрянагрівачі, не потрібно здійснювати попереднє витримування.

- [1] Подгорнов Н.И. Термообработка бетона с использованием солнечной энергии / Н.И. Подгорнов. – М. : АСВ, 2010. – 328 с.
- [2] Аруова Л. Б. Использование солнечной энергии для гелиотермообработки бетона в Республике Казахстан / Л. Б. Аруова, Н. Т. Даужанов // Вестник МГСУ. – М. : НИУ МГСУ, 2012. – № 10. – С. 142 – 145.
- [3] Дудар І. Н. Використання сонячної енергії для термосилової обробки бетону / І. Н. Дудар, В. Л. Гарнага, С. В. Яківчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – Т. 16, № 1. – С. 48 – 52.
- [4] Кугаєвська Т. С. Комбіновані способи геліотермообробки бетонних виробів: монографія / Т. С. Кугаєвська. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – 308 с.
- [5] Kugaevska T.S. Development of methodology forecasting of intensity solidification concrete products in the alternative methods of heat treatment / T. S. Kugaevska // Energy, energy saving and rational nature use. – Oradea, Romania : Oradea University Press, 2015. – P. 4 – 52.
- [6] Kugaevska T.S. The preliminary concrete delay duration influence on its properties at thermal processing by hot air / T.S.Kugaevska, V. P.Sopov, V.V.Shulgin // International journal of engineering & technology. – [Science Publishing Corporation](#), 2018. – № 7 (3.2). – P. 225 – 228.

**УДК691.328.44**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ НАНОМОДИФІКОВАНИХ ДИСПЕРСНО-АРМОВАНИХ БЕТОНІВ ДО УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

### **RESEARCH OF IMPACT RESISTANCE OF NANOMODIFIED FIBERREINFORCED CONCRETE**

*канд. техн. наук У.Д. Марущак,  
д-р. техн. наук М.А. Саницький, асп. Н.І. Сидор  
Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

***U.D. Marushchak, PhD (Tech.), M.A. Sanytsky, Dr. Sc. (Tech.),  
N.I. Sydor, PhD student  
Lviv Polytechnic National University (Lviv)***

Сучасні технології будівництва висувають новий рівень вимог до технологічних та технічних показників, а також довговічності бетонів, що пов'язано з їх використанням для конструкцій споруд цивільного та спеціального призначення, які працюють в особливих екстремальних умовах, в конструкціях складних архітектурних форм, оболонках, резервуарах, покриттях доріг, аеродромів, захисних елементів, де необхідні підвищена тріщиностійкість, висока ударна в'язкість та зносостійкість для надійної експлуатації протягом життєвого циклу. В умовах ударного впливу конструкційний матеріал руйнується при менших напруженнях порівняно з статичними навантаженнями, що може призводити до передчасного руйнування конструкцій [1]. Здатність бетону протистояти динамічним навантаженням в значній мірі вирішується формуванням багаторівневої структури бетону за рахунок комплексного модифікування на нано-, мікро- та макромасштабному рівнях суперпластифікаторами нової генерації, нано- і ультратонкими мінеральними добавками, а також поліієрархічним армуванням дисперсними волокнами, при цьому створюються структурні умови гальмування тріщин, дисипації та поглинання енергії зовнішніх динамічних впливів [2-4].

Наномодифікування бетону на основі портландцементу ПЦ І-500Р-Н ПрАТ «Івано-Франківськцемент» проведено комплексною органо-мінеральною добавкою, що містить суперпластифікатор полікарбоксилатного типу GleniumACE 430, високоактивний метакаолін і нанокремнезем (NC). Ступінь армування поліпропіленою фіброю наномодифікованого дисперсно-армованого бетону (NFRC) становить 1 мас. %.

Міцність наномодифікованого бетону NC через 2 та 28 діб в 1.8 та в 1.4 рази відповідно перевищує міцність бетону, модифікованого добавкою на основі лігносульфонатів – RC (рис. 1). За показником питомої міцності  $f_{cm2}/f_{cm28}=0.52-0.57$  наномодифіковані бетони відносяться до швидкотверднучих, а за міцністю в проектному віці  $f_{cm28}=98.7-104.5$  МПа – до високоміцних (клас за міцністю С 60/75).

Формування щільної структури наномодифікованого бетону NC дозволяє підвищити показники ударної в'язкості (питома енергія удару до появи першої видимої тріщини та повного руйнування) в 2.0-2.6 рази порівняно з модифікованим бетоном RC як в ранньому, так і проектному віці. Суттєве зростання ударної в'язкості відбувається при дисперсному армуванні структури бетону поліпропіленою фіброю. Так, через 2 доби тверднення питома енергія удару до появи першої видимої тріщини зростає до 2.5 Дж/см<sup>3</sup>, а повного руйнування – 3.89 Дж/см<sup>3</sup>, що перевищує відповідні показники наномодифікованого бетону в 5.0 та 6.7 рази відповідно. Через 28 діб тверднення показники ударної в'язкості наномодифікованого дисперсно-армованого бетону зростають в 10.5-11.8 рази порівняно з неармованим нанобетоном.

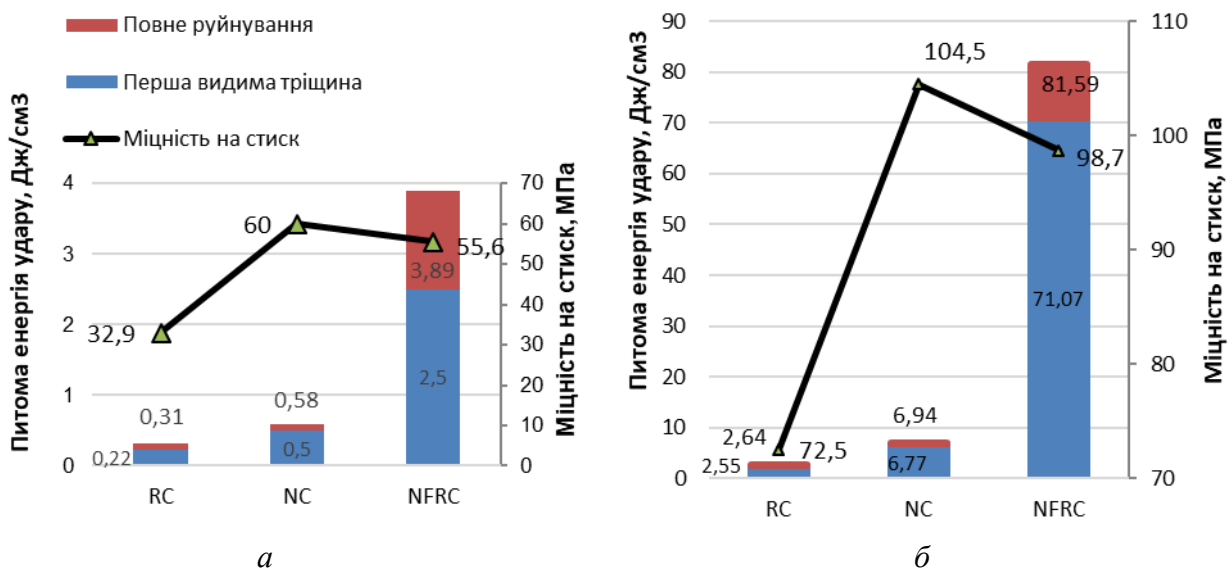


Рис. 1. Ударна в'язкість та міцність бетонів через 2 (а) та 28 діб тверднення (б)

Зниження дефектності структури, формування підвищеної кількості гідратних новоутворень в матриці при введенні елементів різних масштабних рівнів, дисперсне армування забезпечує значне деформаційне тривимірне зміцнення наномодифікованого фібробетону, в результаті чого зростає енергоємність процесу руйнування та ударна стійкість композиту.

- [1] FicS.B. Concrete under the influence of impact loads / S. B. Fic. – Lublin: PolitechnikaLubelska, 2017. – 270 p.
- [2] Development of nanomodified rapid hardening fiberreinforced concretes for special-purpose facilities / U. Marushchak, M. Sanytsky, S. Korolko et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 2 – Issue 6. – P. 34–41.
- [3] Interaction of mineral and polymer fibers with cement stone and their effect on the physical-mechanical properties of cement composites / A. A. Plugin, T. O. Kostiuk, O. A. Pluginet. al. // International Journal of Engineering Research in Africa. – 2017. – Vol. 31. – P. 59–68.
- [4] BadrA. Statistical variations in impact resistance of polypropylene fibre-reinforced concrete / A. Badr, A. F. Ashour, A. K. Platten // International Journal of Impact Engineering. – 2006. – Vol. 32. – P. 1907–1920.

УДК 624.131.439

## ГРУНТОПОЛІМЕРНА КОМПОЗИЦІЯ НА ОСНОВІ ІН'ЄКЦІЙНОГО ПОЛІУРЕТАНУ ДЛЯ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВ СПОРУД

### HIGH-POLYMER COMPOSITION ON THE BASIS OF INJECTION POLYURETHANE FOR STRENGTHENING THE BASIS OF SPORUD

*канд. техн. наук С.В. Мірошніченко<sup>1</sup>, д-р техн. наук Д.А. Плуґін<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук О.А. Калінін<sup>1</sup>, А.С. Зверєва<sup>1</sup>, І.В. Резніченко<sup>2</sup>*  
<sup>1</sup> Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)  
<sup>2</sup> ТОВ «СПТ Україна» (м.Київ)

*S.V. Miroshnichenko<sup>1</sup>, PhD (Tech.), D.A.Plugin<sup>1</sup>, Dr. Sc. (Tech.),  
O.A. Kalinin<sup>1</sup>, PhD (Tech.), A.S. Zvierieva<sup>1</sup>, I.V. Reznichenko<sup>2</sup>*  
<sup>1</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)  
<sup>2</sup> LLC «SPT Ukrayina» (Kyiv)

Широкі розповсюдження в останній час набувають ін'єкційні способи нагнітання в ґрунти матеріалів, що тверднуть: цементация – цементних розчинів; глинизация – глиняної суспензії; силікатизация – натрієвого рідкого скла як закріплювача (дворозчинна – по черзі рідкого скла і отверджувача; однорозчинна двокомпонентна – суміші рідкого скла і отверджувача; однорозчинна однокомпонентна – рідкого скла, отверджувачем є ґрунт; газова – рідкого скла і вуглекислого газу як отверджувача); електросилікатизация – сполучення електроосмосу і силікатизації; смолизация – смоли, що полімеризується (закріплювача), і отверджувача; бітумизация.

До сучасних ін'єкційних композицій з високими показниками ефективності слід віднести поліуретанові багатокомпонентні матеріали SPT<sup>TM</sup> і технології ремонту на їх основі.

Для оцінки дійсної ефективності підсилення основ поліуретановими багатокомпонентними матеріалами SPT<sup>TM</sup> було проведено ряд лабораторних та натурних випробувань, що включали статичні та динамічні випробування моделей із закріпленим ґрунтом та порівняно результати випробувань з моделями із не-

закріпленого ґрунту при різній вологості, проведено дослідження показника довговічності матеріалу SPT™ та закріпленого ним ґрунту – стійкості до попере-мінного зволоження та висушування.

За результатами компресійних випробувань встановлено, що модуль деформації закріпленого ґрунту в 1.4 разі перевищує модуль деформації ґрунту у природному стані. В результаті статичних штампових випробувань моделей ґрунтового масиву зроблено висновок про те, що закріплення ґрунту суттєво знижує його деформативність (підвищує модуль деформації). Модуль деформації незакріпленого ґрунту в моделі за вологості  $W = 15\%$  складає 0.5 – 0.7 МПа. В результаті закріплення ґрунту модуль збільшується за  $W = 10.9\%$  до не менше 11.2 МПа, за  $W = 6.9\%$  – до не менше 33.4 МПа. Проте в не меншому ступені модуль деформації підвищує осушення ґрунту: за  $W = 11.5\%$  – до 3.9 МПа, за  $W = 9.5\%$  – до не менше 33.5 МПа.

За результатами дослідження впливу попере-мінного зволоження-висушування зразків закріпленого ґрунту на їх властивості встановлено, що цей вплив спричиняє пошкодження ґрунту, яке характеризується втратою маси як у сухому, так і у водонасиченому стані. Після кожного циклу зволоження-висушування збільшується різниця між масою у сухому та зволоженому стані, що свідчить про збільшення пористості а, отже, й деформативності ґрунту.

Для оцінки підвищення несучої здатності ґрунту за рахунок закріплення ма-теріалом за технологією SPT™ запропоновано використовувати величину кое-фіцієнту підвищення модуля деформації від закріплення  $K_E$  – відношення модуля деформації закріпленого ґрунту до модуля деформації природного ґру-нту за однакової вологості.

В результаті дослідження впливу попере-мінного зволоження – висушування на зразки закріпленого ґрунту встановлено, що у разі закріплення матеріалом і за технологією SPT™ втрата ними 5 % маси досягається за 10 циклів, а силіка-тизацією – втрата 10 % маси досягається за 2 цикли. Враховуючи довговічність закріплення ґрунту силікатизацією 15 років прогнозована довговічність закріп-лення ґрунту матеріалом SPT™ очікується на рівні не менше 75 років.

В результаті петрографічних досліджень встановлено, що на відміну від традиційного хімічного закріплення ґрунту силікатизацією або смолизацією, які забезпечують рівномірне просочення ґрунту, матеріал і технологія SPT™ за-безпечують утворення в ґрунті коренеподібних армуючих елементів. Окремі «корені» мають поперечний розмір до 70 мм і складаються із серединної і пе-риферійної зон. Серединна зона є прошарком щільного добре полімеризованого матеріалу, периферійна – ґрунтополімерним композитом із поризованого полі-меризованого матеріалу і частинок ґрунту.

Виходячи із цього галузь застосовування матеріалу і технології SPT™ шир-ше, ніж традиційного хімічного закріплення ґрунту силікатизацією або смоли-зацією (застосовні лише для пісків і лесоподібних (пористих) суглинистих ґрунтів) та розповсюджується практично на всі глинисті ґрунти.



**ГІДРОІЗОЛЯЦІЯ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД ІН'ЄКТУВАННЯМ  
ЦЕМЕНТНИХ РОЗЧИНІВ З ДОБАВКАМИ-МОДИФІКАТОРАМИ**

**THE WATERPROOFING OF UNDERGROUND STRUCTURES BY  
INJECTION OF CEMENT MORTAR WITH ADDITIVES BY MODIFIERS**

*канд. техн. наук А.В. Никитинський*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*A.V. Nikitinskii, PhD (Tech.)*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У промисловому та цивільному будівництві використовується широкий спектр конструкцій і споруд у різноманітних умовах їх експлуатації, які визначаються кліматом, особливостями технічних рішень, умовами навантаження і т.д. Особливо складні умови для конструкцій, що знаходяться під землею. Контакт їх з агресивними середовищами призводить до руйнування конструкцій. Причому для таких конструкцій характерно комплексний вплив факторів, наприклад одночасно вологості і температури, ґрунтових вод, електричного струму. Отже, актуальним завданням є поліпшення непроникності матеріалу в першу чергу для води, оскільки саме вона визначає можливість розвитку корозійних процесів.

Властивості будівельних матеріалів визначаються їх складом і будовою, а також величиною і характером пористості. Пористість є важливою характеристикою, оскільки з нею пов'язані такі технічні властивості матеріалу як міцність, щільність, водопоглинання, морозостійкість, електропровідність, теплопровідність і т.д. Відкриті пори заповнюються водою в звичайних умовах насичення, збільшують водопроникність і водопоглинання матеріалу, погіршують його морозостійкість. Інший обсяг пір характеризує закриту пористість (капілярну, гелеву). Збільшення закритої пористості за рахунок відкритої підвищує довговічність матеріалів і виробів. Вплинути на співвідношення закритої та відкритої пористості можна як при ущільненні бетонної суміші, так і введенням різноманітних добавок – неорганічних наповнювачів, суперпластифікаторів та інш.

Як неорганічні добавки зазвичай використовують мікрокремнезем, золу-винос, мелений пісок та інш. У випадку неорганічних наповнювачів має місце механічне заповнення дрібних пір. Вони вносять значний вклад у розвиток довготермінової міцності матеріалу, однак довготривалий час тужавіння та незначна рання міцність стримує використання таких добавок. Для усунення цих недоліків пропонується використовувати модифікатори, наприклад неорганічні та органічні солі металів, які сильно впливають на строки тужавіння, кінетику гідратації та розвиток міцності. У деяких випадках модифікатор добавки впли-

ває на властивості матеріалу сильніше, ніж сама добавка. Компоненти модифікатора взаємодіють з іншими речовинами з утворенням сполук, які кольматують пори бетону. Проведені дослідження свідчать про можливість забезпечення оптимальних кількостей добавки-модифікатора для отримання максимальної водонепроникності підземних споруд.

УДК 625.46:625.142

**ЗАСТОСУВАННЯ ВКЛАДИШІВ З БЕТОНУ НА КВАРЦОВИХ  
ЗАПОВНЮВАЧАХ І ПОЛІУРЕТАНОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ  
ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВІБРАЦІЇ, ШУМУ І ПІДВИЩЕННЯ  
СТІЙКОСТІ ТРАМВАЙНОЇ КОЛІЇ**

**USE OF LINERS MADE OF CONCRETE ON QUARTZ  
AGGREGATES AND POLYURETHANE COMPOSITION  
TO REDUCE VIBRATION, NOISE AND IMPROVE  
THE STABILITY TRACK OF THE TRAMWAY**

*О.В. Палант, д-р техн. наук Д.А. Плуґін, д-р техн. наук А.А. Плуґін,  
канд. техн. наук О.В. Лобяк, канд. техн. наук О.А. Плуґін  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O.V. Palant, D.A. Plugin, Dr. Sc. (Tech.), A.A. Plugin, Dr. Sc. (Tech.),  
O.V. Lobiak, PhD (Tech.), O.A. Pluhin, PhD (Tech.)  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Електричний трамвай є екологічно чистим, недорогим і зручним видом міського транспорту. Однак йому притаманні і недоліки: ускладнює рух інших видів транспорту, створює шум і вібрацію, а постійні струми витоку з рейок можуть обумовлювати електрокорозію розташованих недалеко металевих і залізобетонних конструкцій і трубопроводів. Застосування інтегрованої в дорожнє покриття безстикової трамвайної колії з ізольованими рейками на безбаластній залізобетонній основі ці недоліки усуває не в повному обсязі, тому обґрунтування заходів щодо зниження вібрації, шуму, струмів витоку і температурних напружень в таких коліях є актуальним.

В роботі розвинені теоретичні основи зниження теплових деформацій безбаластної безстикової трамвайної колії. Удосконалено конструкцію колії з вбудованою рейкою за рахунок застосування спеціального вкладиша з бетону оптимального складу з кварцовими заповнювачами і наповнювачем та двокомпонентного поліуретану. Жорстко приклеєні до шийки рейки бетонні вкладиші служать не тільки для економії поліуретанової мастики, а й для гасіння вібраційних коливань рейок і зниження температурних напружень в рейках.

Розроблено спосіб розрахунку складу бетону оптимального за міцністю і коефіцієнтом лінійного теплового розширення з оптимальними структурними ха-

рактеристиками, в тому числі новим коефіцієнтом розсунення суміші цементу і наповнювача кристалогідратними продуктами гідратації цементу. Для зниження температурних напружень в рейках вкладиші слід виготовляти з бетону на кварцових заповнювачах і наповнювачах, що забезпечують зниження коефіцієнта лінійного теплового розширення  $\alpha_L$ , до  $1,1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Виконаний методом кінцевих елементів аналіз напружено-деформованого стану рейок при нагріванні показав, що вкладиші з бетону на кварцових заповнювачах знижують температурні напруги в рейці, що призводять до викидів колії, на 10 – 32%.

Обґрунтовано склад бетону вкладишів міцністю на стиск понад 60 МПа і обрана поліуретанова композиція для ізоляції рейок від стінки каналів з адгезією до бетону в сухому стані – 0,7 МПа, в водонасиченому – 0,43 МПа, до сталі – 1,2 МПа.

УДК 691.3; 691.5

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЛАСТИФІКУЮЧИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН В РОЗЧИНАХ І БЕТОНАХ НА ОСНОВІ ЛУЖНИХ ЦЕМЕНТІВ

### THE EFFICIENCY OF PLASTICIZING SURFACTANTS IN ALKALI-ACTIVATED CEMENT MORTARS AND CONCRETES

*д-р техн. наук Р.Ф. Рунова, д-р техн. наук В.І. Гоц, канд. техн. наук І.І. Руденко, канд. техн. наук О.М. Петропавловський, канд. техн. наук О.П. Констатиновський, канд. техн. наук О.В. Ластівка*

*Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів, Київський національний університет будівництва та архітектури (м. Київ)*

*R.F. Runova, Dr. Sc. (Tech.), V.I. Gots, Dr. Sc. (Tech.), I.I. Rudenko, PhD (Tech.), O.M. Petropavlovskiy, PhD (Tech.), O.P. Konstantynovskiy, PhD (Tech.), O.V. Lastivka PhD (Tech.)*

*Scientific Research Institute for Binders and Materials, Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

Модифікація лужних цементів (ЛЦ) хімічними добавками має певні особливості, які визначаються в першу чергу ризиком деградації молекулярної структури добавок в гідратаційному середовищі лужних цементів внаслідок лужного гідролізу (омилення) [1, 2, 3]. Виникнення і швидкість протікання цього процесу визначається перш за все, композиційним складом лужних (лужно-активованих) цементів, в т.ч. природою (групою) лужного компонента [4].

В роботі проведено дослідження стабільності молекулярної структури добавок пластифікуючої групи в гідратаційному середовищі лужного цементу з різним вмістом гранульованого доменного шлаку (ГДШ) за допомогою методу інфрачервоної спектроскопії (ІЧС).

В якості лужних компонентів ЛЦ використано метасилікат натрію п'ятиводний  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (МС) та сода кальцинована технічна  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (СК).

Використано п'ять складів ЛЦ, які згідно з ДСТУ Б В.2.7-181 відносяться до трьох типів – склад 1 (клінкер – 97,6 %, МС – 2,4 % (0,7 % по  $\text{Na}_2\text{O}$ )) – тип II (лужний портландцемент, ЛПЦ), склад 2 (клінкер – 67,0 %, ГДШ – 30,1 %, СК – 2,9 % (1,7 % по  $\text{Na}_2\text{O}$ )), склад 3 (клінкер – 66,7 %, ГДШ – 30,0 %, МС – 3,3 % (1,0 % по  $\text{Na}_2\text{O}$ )) – тип IV (лужний шлакопортландцемент, ШПЦ), склад 4 (ГДШ – 95,2 %, СК – 4,8 % (2,8 % по  $\text{Na}_2\text{O}$ )) і склад 5 (ГДШ – 94,3 %, МС – 5,7 % (1,7 % по  $\text{Na}_2\text{O}$ )) – тип I (шлаколужний цемент, ШЛЦ).

Використано наступні добавки пластифікуючої групи: “JK-04PP” на основі полікарбосилатних ефірів (тип ПК) виробництва “JIANKAI” (Китай), лігносульфонат натрію технічний (ЛСТ) виробництва “Votrespers” (Норвегія), “Melflux PP100F” на основі модифікованого поліетиленгліколю (ПЕГ-М) виробництва “SKW Polymers” (Німеччина), ПЕГ-400 на основі поліетиленгліколю (ПЕГ) виробництва “DowChemical” (Німеччина), “Triameen Y12D” на основі адиклічного поліаміну (АПМ) виробництва “AkzoNobel” (Нідерланди).

Виявлено, що хімічні добавки типу ПК і ПЕГ-М, вміщуючі складноефірні зв'язки в молекулярній структурі, зазнають деструкції молекулярної структури внаслідок лужного гідролізу при збільшенні показника рН гідратаційного середовища ЛЦ, обумовленого вмістом лужного компоненту відповідно до вмісту ГДШ в складі ЛЦ і природою лужного компоненту. Добавки типу ЛСТ, ПЕГ і АПМ характеризуються стабільністю молекул незалежно від вмісту лужного компоненту. Це обумовлює ефективність використання добавок на основі складних поліефірів (ПК і ПЕГ-М) в ЛЦ типу II (0 % ГДШ) з відносно низьким вмістом лужного компоненту. При збільшенні вмісту лужного компоненту відповідно до вмісту ГДШ в ЛЦ типів I і IV ефективність добавок без складноефірних зв'язків (ЛСТ, ПЕГ і АПМ) збільшується.

Доцільність вибору хімічної природи (типу) добавок відповідно до типу ЛЦ підтверджується властивостями розчинів і бетонів. Так добавка типу ПЕГ-М при мінімальному вмісті лужного компоненту забезпечувала отримання на основі ЛЦ типу II анкерного розчину, який при розтічності розчинової суміші 150 мм характеризується міцністю на розтяг при вигині / міцністю на стиск – 6,6 / 30,6 МПа після 1 доби тверднення і адгезією 1,1 МПа. Добавки типу ПЕГ і АПМ в присутності ЛСТ визначають зміну класу консистенції товарної бетонної суміші від S1 до S3, S4 і збереження консистенції протягом 60 хв при забезпеченні на 3 добу міцності на стиск бетону на рівні аналога без добавки.

- [1] M. Collepardi, G. Grossi, M. Pellizon Birelli, G. Ventura. Influence of D-sorbitol on the properties of binders to immobilize acid nuclear wastes, 8th CANMET/ACI Int. Conf. on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, Sorrento (Italy), S. 525-531 (2006).
- [2] M. Palacios, F. Puertas. Effect of superplasticizer and shrinkage-reducing admixtures on alkali-activated slag pastes and mortars, Cement and Concrete Research, 35, S.1358-1367, (2005).
- [3] I. Rudenko, O. Konstantynovskyi, A. Kovalchuk, M. Nikolainko, D. Obremsky. Efficiency of redispersible polymer powders in mortars for anchoring application based on alkali activated Portland cements, Key Engineering Materials, Switzerland, Vol. 761, S. 27-30, (2018).
- [4] П. В. Кривенко, Р. Ф. Рунова, М. А. Саницкий, И. И. Руденко, Щелочные цементы: [Монография], Киев, издательство ООО «Основа», 2015.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЛУЖНОГО КОМПОНЕНТУ  
НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕЗКЛІНКЕРНИХ  
І МАЛОКЛІНКЕРНИХ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ КОМПОЗИЦІЙ**

**THE RESEARCH OF INFLUENCE OF THE ALKALINE COMPONENT ON  
THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF THE CLINKER-FREE  
AND LOW-CLINKER HYDROIZOLIATION COMPOSITIONS**

*Ю.Ю. Савчук, д-р техн. наук А.А. Плуґін,  
канд. техн. наук В.А. Лютий, канд. техн. наук О.А. Плуґін,  
канд. техн. наук О.С. Борзяк  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Yu.Yu. Savchuk, A.A. Plugin, Dr. Sc. (Tech.), V.A. Liutyi, PhD (Tech.),  
O.A. Pluhin, PhD (Tech.), O.S. Borziak, PhD (Tech.)  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Під час експлуатації залізобетонні конструкції інженерних споруд зазнають пошкоджень не тільки від механічних навантажень, а й температурно-вологісних впливів і деформацій, впливу агресивних середовищ, електричних впливів - струмів витоку та блукаючих струмів, електричних потенціалів і зарядів тощо. Це вимагає здійснювати їх ремонт і захист від агресивних впливів хімічно та біологічно активних середовищ, електричних струмів, потенціалів і зарядів. Для ремонту і захисту застосовуються переважно будівельні розчини, сухі суміші, штукатурки на основі портландцементного клінкеру. Ефективним різновидом таких матеріалів є композиції проникної дії на основі портландцементу, які ущільнюють поверхневі шари бетону пошкодженої конструкції.

Проте матеріали на основі портландцементу часто є недостатньо стійкими в багатьох умовах експлуатації. Наприклад, на металургійних підприємствах вони швидко руйнуються під впливом кислих газів - сірчистого ангідриду, вуглекислого газу. У таких умовах більш стійкими є шлаколужні в'язучі, що виготовляються із доменних гранульованих шлаків і мають досить високу корозійну стійкість в багатьох середовищах. Тому розробка композицій проникної дії на основі шлаколужних в'язучих, які були б стійкими до впливу кислих газів і могли б виготовлятися із наявної сировини, є актуальним завданням. Створення таких композицій одночасно сприятиме розв'язанню екологічних та економічних проблем використання відходів промисловості.

Досліджено вплив лужного компонента на фізико-механічні властивості і структуру безклінкерної гідроізоляційної композиції на основі криворізького доменного шлаку та лужного компонента - гідроксиду натрію. Встановлено, що між міцністю на стиск композиції та вмістом луга існує висока і дуже висока кореляція. Залежність має екстремальний хвилеподібний характер з максимумами при  $A/S = 1.5\%$  і  $15-20\%$ , що пояснене формуванням одного та двох рядів

продуктів гідратації між частинками шлаку за аналогією з композиціями на основі портландцементу. Встановлено, що продукти гідратації композиції переважно гелеподібні - гідросилікатний гель і цеолоітоподібні натрієво-кальцієві гідроалюмосилікати, кристалічні продукти гідратації представлені в меншій кількості призматичними та голкоподібними кристалами комплексних солей алюмінатних фаз. Розмір пор в структурі композиції переважно не перебільшує 2 мкм, хоча зустрічаються окремі пори розміром до 10 мкм.

УДК 667.6

## **ВПЛИВ СТУПЕНЯ НАПОВНЕННЯ ПОРОЖНИСТИМИ МІКРОСФЕРАМИ НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АКРИЛОВОЇ ДИСПЕРСІЇ**

### **INFLUENCE OF THE DEGREE OF FILLING WITH HOLLOW MICROSPHERES ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF ACRYLIC DISPERSION**

*канд. техн. наук Н.В. Саєнко<sup>1</sup>, канд. техн. наук Ю.В. Попов<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук Р.О. Биков<sup>1</sup>, Д.В. Демідов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

<sup>2</sup>*Харківський державний автотранспортний коледж (м. Харків)*

***N. Saienko<sup>1</sup>, PhD (Tech.), Y. Popov<sup>1</sup>, PhD (Tech.),  
R. Bikov<sup>1</sup>, PhD (Tech.), D. Demidov<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

<sup>2</sup>*Kharkiv State Auto-transport College (Kharkiv)*

Водо-дисперсні лакофарбові матеріали зарекомендували себе екологічно чистими, широко використовуються для отримання захисно-декоративних покриттів на неметалевих субстратах, проте останнім часом все більше використовуються в транспортному будівництві для захисту металу і бетону від корозії. Серед них в силу своїх функціональних властивостей і відносно невисокої вартості найбільшого поширення набули водо-дисперсні лакофарбові матеріали (ВД-ЛФМ) на основі акрилових плівкоутворювачів. [1, 2].

В даний час для надання теплоізоляційних властивостей лакофарбовим покриттям дедалі більшого застосування знаходять порожнисті скляні або керамічні мікросфери. Мікросфери можуть бути вакуумовані або наповнені розрідженим повітрям (в залежності від умов їх виробництва) і, завдяки вдалому поєднанню сферичної форми, контрольованих розмірів, низької щільності, високої міцності на всебічне стиснення, тепло- і звукоізоляційним та діелектричними властивостями, є одним з перспективних техногенних наповнювачів лакофарбових матеріалів [3].

Однак даних, що до реологічних властивостей, які визначають технологічність водо-дисперсних лакофарбових матеріалів, що в якості високодисперсного мінерального наповнювача містять порожнисті мікросфери, в літературі не достатньо. Тому вивчення впливу вмісту мікросфер на реологічні властивості ВД-ЛФМ представляє як науковий, так і практичний інтерес, оскільки наповнення впливає на характер структурування, і зумовлює технологію нанесення покриття відповідно.

Вивчення реологічних властивостей досліджуваних композицій визначали за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2» (Німеччина) з робочим вузлом циліндр-циліндр, з використанням вимірювального циліндра Н. Криві течії композицій знімали при зміні числа обертів від 0,1667 до 72,9 сек<sup>-1</sup> при температурі 296 К.

На рисунку 1 представлені реологічні криві течії ВД-ЛФМ, наповнених мікросферами (МС) 20 мас.% та 40 мас.%. Як видно, при збільшенні вмісту мікросфер характер течії не змінюється, однак відбувається різке зростання міцності структурної сітки, про що свідчать значення умовного статичного межі текучості  $\tau_s$ , величина, якої зростає більш ніж в 3-4 рази (див. таблицю).

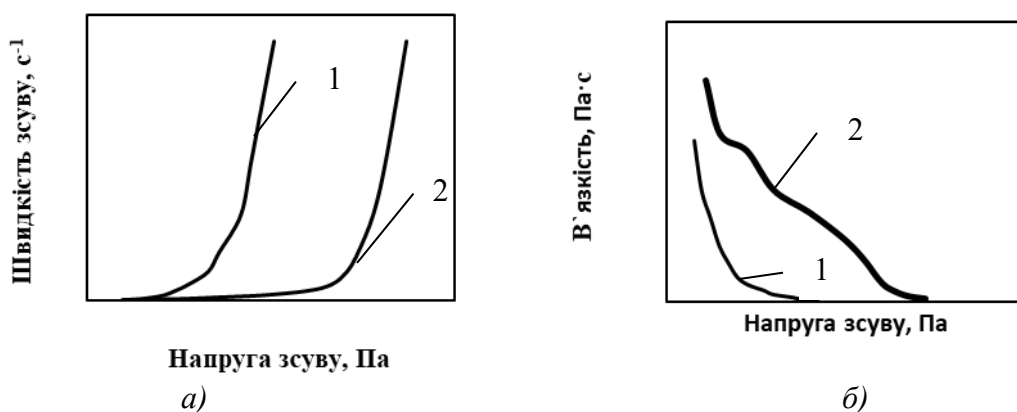


Рис. 1. Реологічні залежності у вигляді кривих течії (а) та кривих зміни в'язкості (б) від напруги зсуву ВД-ЛФМ від ступеня наповнення мікросферами: 20 (кр.1) і 40 (кр. 2) мас.%

В якості структурно-реологічних характеристик у таблиці 1 представлені: умовно статична межа плинності ( $\tau_s$ ), в'язкість при мінімальній швидкості початку руйнування (початкова ефективна в'язкість) ( $\eta_0$ ), мінімальна в'язкість при максимальній швидкості деформування ( $\eta_{min}$ ), і  $n$  – показник ступеня в рівнянні Гершеля-Балклі.

Таблиця 1

Структурно-реологічні характеристики

Композиція, мас.%	$\tau_s$ , Па	$\eta_0$ , Па·с	$\eta_{min}$ , Па·с	$n$
ВД-ЛФМ	15,1	89,8	5,3	0,355
ВД-ЛФМ:МС (20)	47,9	287,3	13,3	0,269
ВД-ЛФМ:МС (40)	65,8	395,1	27,3	0,296

В результаті проведених експериментальних досліджень з вивчення реологічних властивостей водо-дисперсного акрил-стирольного плівкоутворювача наповненого алюмосилікатними мікросферами (МС) встановлено закономірно-

сті зміни в'язкості і швидкості деформування ВД-ЛФМ від напруги зсуву від ступеня наповнення мікросферами в межах від 20 до 40 мас. %.

- [1] Водно-дисперсионные краски для защиты металла и бетона от коррозии [Текст] / В. Лобковский. – Промышленная окраска №4. – 2016. С. 28-31.
- [2] Казакова Е.Е. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения / Е.Е. Казакова, О.Н. Скороходова.– М.: ООО «Пэйнт-Медиа», 2003. – 136 с.
- [3] Drozhzhin V.S., Piculin I.V. "Microspheres of natural silicates as fillers of composite materials", J. Moscow Phys. Soc., №9, (1999), pp. 209-214.

**УДК 666.965(063):519.2**

## **ВИРОБНИЦТВО КОМПЛЕКСНО АКТИВОВАНИХ КОМПОЗИТІВ НА СИЛКАТНОЇ МАТРИЦІ НА ОСНОВІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

### **PRODUCTION OF COMPLEX ACTIVATED COMPOSITES ON A SILICATE MATRIX BASED ON ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES**

*д-р техн. наук О.С. Шинкевич,  
канд. техн. наук Є.С. Луцкін, асп. О.І. Сурков  
Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)*

*O.S. Shynkevych, Dr. Sc. (Tech.),  
Y.S. Lutskin, PhD (Tech.), O.I. Surkov, PhD student  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odesa)*

Провідна особливість часу, в якому ми живемо, складається з необхідності усвідомити істинний зміст мети, заради якої відбувається людська діяльність. У зміст такої мети ХХІ століття в будівельній галузі слід віднести збереження екосистеми Землі. Для досягнення цієї мети необхідна оптимізація системи "людина – екозберігаючі технології – середовище проживання", що сприятиме збереженню енергоресурсів і корисних копалин.

На сучасному етапі розвитку будівельної галузі актуальними є питання отримання широкої номенклатури високоякісних матеріалів та виробів, а також розробка і впровадження конкурентоспроможних ресурсозберігаючих технологій їх отримання. Актуальним залишається питання раціонального використання природних ресурсів і більш дешевих місцевих сировинних матеріалів.

При масовому будівництві опалювальних об'єктів вирішення завдань ресурсозбереження пов'язано з випуском і розширенням номенклатури теплоефективних, ефективних і умовно-ефективних стінових виробів. Отримання високоякісних виробів, інтенсифікація виробничих процесів і раціональне використання сировинних матеріалів можливо на основі сучасних технологічних прийомів, спрямованих на реалізацію резервів будови мінеральних речовин з врахуванням керованого структуроутворення, які забезпечують високі експлуатаційні властивості будівельних матеріалів.



Комплексне вирішення питань енерго- та ресурсозбереження, підвищення якості продукції на основі керованого структуроутворення робить виробництво стінових виробів на вапняно-кремнеземистому в'язучому за литтєвою неавтоклавною технологією конкурентоспроможним в умовах сучасних економічних відносин.

Одне з прогресивних напрямків сучасного матеріалознавства – це композити на основі нерівноважних і сильнонерівноважних дисперсних систем. У будівельному матеріалознавстві цей напрямок реалізується за рахунок застосування різних видів і способів активації. Композитам на основі нерівноважних дисперсних систем властиві свої власні закономірності поведінки, відмінні від звичайних бетонів, в тому числі від силікатних автоклавного твердіння, тому актуальним є вивчення і аналіз локальних закономірностей зміни властивостей в таких композитах, в тому числі параметрів механіки руйнування.

Основною метою роботи є опис складного алгоритму багатоелементного аналізу вапномістких композитів на основі теорії математичного планування експериментів та експериментально-статистичного моделювання.

Розроблені матеріали нового покоління на основі комплексно активованої силікатної суміші, які поєднують в собі цілий комплекс унікальних властивостей і виробляються по литтєвій технології із застосуванням сучасних нанотехнологічних прийомів.

Відмінною особливістю композитів на силікатної матриці на відміну від силікатних бетонів автоклавного твердіння є те, що вони виготовляються на основі трикомпонентної комплексно активованої силікатобетонної суміші, модифікованої лужними і мінеральними добавками, і тверднуть при температурі 85°C і нормальному атмосферному тиску. За рахунок реалізації комплексної активації високорухливої силікатобетонної суміші, що є однією з технологічних особливостей отримання даного виду композитів, забезпечені енергозберігаючі режими їх отримання.

Простота і малогабаритність розробленої технологічної лінії дозволить її поєднувати з існуючими виробничими потужностями на діючих силікатобетонних заводах.

У роботі викладені технологічні основи отримання та наведені результати оптимізації складів, умов і режимів їх обробки для ефективних стінових виробів, вироблених по енергозберігаючій литтєвій технології на основі комплексно активованих дрібнозернистих бетонних сумішей на вапномістких в'язучих. Розробка складів, вибір технологічних режимів та їх оптимізація з застосуванням математичних моделей і обчислювальних експериментів, що проводяться на основі комп'ютерних технологій, підвищує достовірність результатів при вирішенні багатокритеріальних задач будівельного матеріалознавства, що також сприяє підвищенню якості та довговічності виробів.

Створення на діючих заводах додаткових малогабаритних нових високотехнологічних ліній з випуску широкої номенклатури силікатних виробів безавтоклавного твердіння, в тому числі стінових, і впровадження таких прогресивних технологічних ліній дозволить скоротити витрату питомої палива, електроенергії і енерговитрати, а також опалення будівель з даних матеріалів.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗОЛОШЛАКІВ НА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ  
ВАЖКИХ БЕТОНІВ**

**INVESTIGATION OF THE BOTTOM ASH SLAGS INFLUENCE ON THE  
HEAVY CONCRETE FROST RESISTANCE**

*канд. техн. наук В.В. Шульгін., канд. техн. наук О.В. Демченко,  
д-р техн. наук Д.А. Єрмоленко, канд. техн. наук О.В. Петраш,  
Г.Ф. Дураченко*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (м. Полтава)*

*V.V. Shulgin, PhD (Tech.), O.V. Demchenko, PhD (Tech.),  
D.A. Yermolenko, Dr. Sc. (Tech.), O.V. Petrash, PhD (Tech.), H.F. Durachenko  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, (Poltava)*

При спалюванні твердих видів палива для виробництва тепло- і електроенергії на теплоелектростанціях утворюються відходи у вигляді шлаку і золи. Одним із шляхів безпечної утилізації таких відходів є їх використання у будівельній промисловості при виготовленні важких бетонів. Оптимальний вміст золи у складі важких бетонів встановлюється шляхом підбору складу конкретних бетонних сумішей при умові забезпечення необхідних показників їх якості [1]. Відповідно до даних джерел [2] заміна частини цементу золою, як правило, призводить до зниження морозостійкості. Це пояснюється, по-перше, збільшенням фактичного водоцементного відношення і утворенням додаткового обсягу капілярних пор. Зниженню морозостійкості сприяє також зменшення вмісту залученого повітря при введенні золи і присутність у золі органічних залишків, які набухають у воді та здатні утворювати сполуки, що руйнують в'язуче[3-5].

Основною метою даних досліджень є визначення впливу складу бетонних сумішей із золошлаками на морозостійкість бетону, та підбір найбільш оптимального складу бетону класу за міцністю С20/25 з використанням золошлаків. Планування експерименту та результати досліджень бетону за міцністю з використанням золошлаків приведено в [6].

Для даного дослідження була вибрана суміш із наступних матеріалів: цемент СЕМ I 42.5 N; золошлак Старобешівської ТЕС; істина густина  $2,6 \text{ г/см}^3$ ; насипна густина  $1,206 \text{ г/см}^3$ ; модуль крупності 1. Як крупний заповнювач використано гранітний щебінь фракції 5-10 мм, пустотність щебеню 47 %, насипна густина  $1350 \text{ кг/м}^3$ , істина густина  $2,71 \text{ г/см}^3$ . В якості добавки використано полікарбонатний суперпластифікатор GLENIUM 51.

Планування дослідження здійснювалося на основі плану з використанням трьохфакторного експерименту в трьох рівнях. У якості змінних факторів було обрано витрату цементу, час ущільнення бетонної суміші, витрата добавки пластифікатору.

Морозостійкість визначалася за допомогою приладу «Бетон-Фрост». Використовуючи програму STATISTICA, визначено коефіцієнти рівняння регресії.

Отримано взаємозв'язок морозостійкості та факторів варіювання. Для цього розраховано відповідні коефіцієнти кореляції. Для наочного відображення впливу на морозостійкість факторів варіювання за допомогою програмного комплексу STATISTICA побудовані поверхні впливу.

З наведеного рисунку випливає, що найвищою морозостійкістю відзначаються зразки, для яких витрата цементу  $400 \text{ кг/м}^3$ , а витрата пластифікатору –  $8 \text{ л/м}^3$ , найоптимальніший час ущільнення складає 3 хвилини.

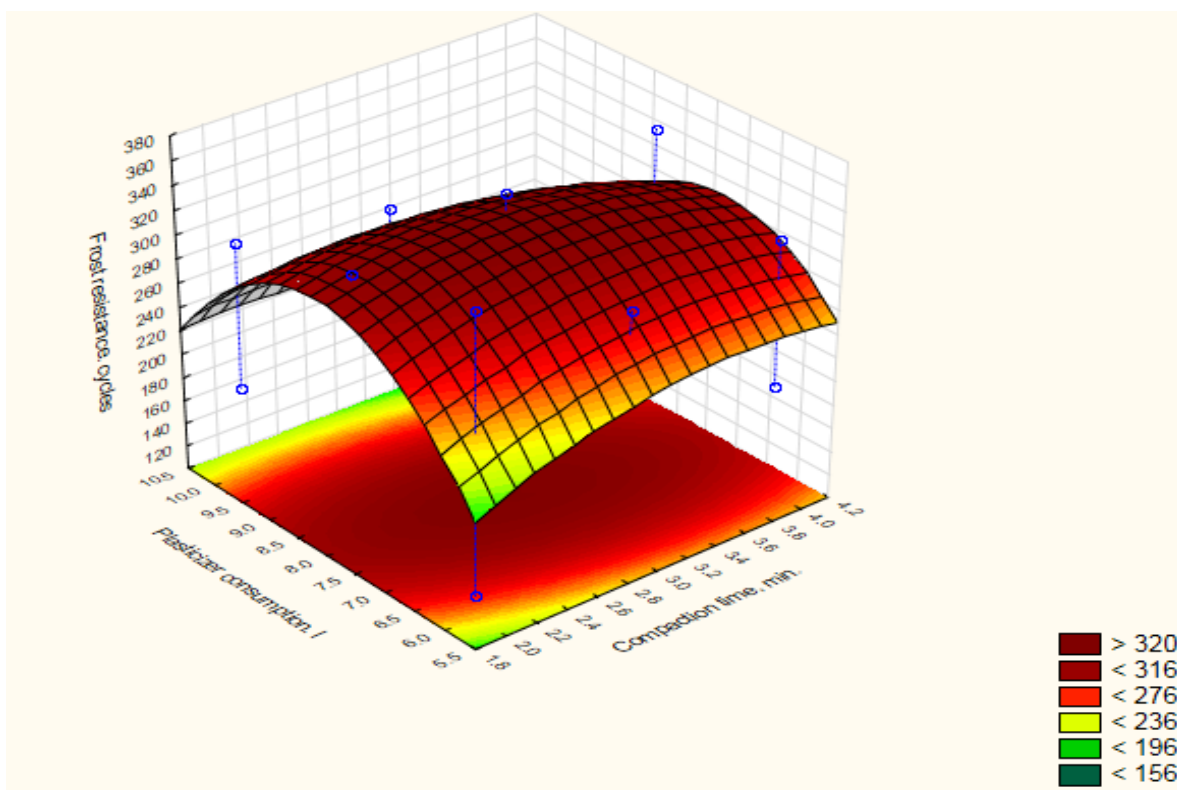


Рис. 1 Поверхня впливу витрати пластифікатору та часу ущільнення на морозостійкість

Використання в якості дрібного заповнювача золошлаку дало можливість отримати бетон з міцністю  $36 \text{ N/mm}^2$ , що відповідає класу бетону C20/25 та показником морозостійкості F 300. Заміна піску у складі бетону на золошлаковий наповнювач забезпечує не тільки утилізацію відходів, а і забезпечує отримання бетонів для дорожнього будівництва.

- [1] Зайченко Н. М., Сердюк А. И. Бетоны с высоким содержанием золы для массивных железобетонных конструкций // Вісник ДНАБіА. – 2013. – 1(99). – С. 137-144.
- [2] Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности: учеб. пособ.– Ростов-на-Дону: Феникс, 200. – 363с.
- [3] Кривенко П. В., Пушкарьова Е. К., Гоц В. И., Ковальчук Г. Ю Цементи і бетони на основі паливних зол та шлаків: Монографія. – К.: ООО «ИПК Экспресс-Полиграф», 2012. – 258 с.
- [4] Seyoon Yoon, P.J.M. Monteiro, D.E. Macphree, F.P. Glasser, Mohammed Salah-Eldin Imbabi, CONSTR BUILD MATER, 54, 432-442 (2014)
- [5] Nurul Izzati Raihan Ramzi Hannan, Shahiron Shahidan, Noorwirdawati Ali, Mohamad Zulkhairi Maarof, MATEC WEB CONF, 97 (2017)
- [6] Bondar V. Experimental study of properties of heavy concrete with bottom ash from power stations / V. Bondar, V. Shulgин, O. Demchenko, L. Bondar //MATEC Web of Conferences 116, 02007 (2017)

## СПОСОБ ФОРМОВАНИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ ВИБРОВАКУУМИРОВАНИЕМ

### METHOD OF FORMATION OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE PIPES BY VIBROVACUUMING

*канд. техн. наук Башир Юнис, канд. техн. наук И.Э. Казимагомедов,  
Саад Салем, д-р техн. наук Т.О. Костюк, Е.Б. Деденёва  
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (г. Харьков)*

*Basheer Younis, PhD (Tech.), I.E. Kazimahomedov, PhD (Tech.),  
Saad Salem, T.A. Kostuk, Dr. Sc. (Tech.), E.B. Dedenyova  
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

Современные требования к качеству строительных изделий не уступают требованиям к новейшим архитектурным элементам [1, 2]. Так, бетонные и железобетонные трубы с высокими физико-механическими характеристиками и долговечностью, должны формироваться эффективными способами [3, 4].

Известные способы формования трубчатых изделий из жестких бетонных смесей не обеспечивают высокое качество из-за сложности поддержания постоянной толщины уплотняемого слоя. Наличие в изделии участков разной плотности приводит к ухудшению его физико-механических характеристик.

В работе исследована возможность повышения качества бетонных и железобетонных труб путем применения способа виброввакуумного формования изделий. Определена его эффективность в сравнении с известным способом послойного осевого прессования. На рисунке 1 показана лабораторная установка для изготовления бетонных и железобетонных труб.



Рис. 1. Лабораторная установка для изготовления бетонных и железобетонных труб способом виброввакуумирования

Экспериментально установлено, что способ формования виброввакуумированием даёт возможность удалить из свежеложенной бетонной смеси до 30 %

свободной воды. При этом бетонная смесь максимально уплотняется, повышаются физико-механические характеристики бетонных труб - прочность при растяжении. Полученные результаты и их сравнение с результатами испытаний образцов, формуемых методом послойного осевого прессования, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Прочность образцов бетонных труб при растяжении

Прочность бетонных труб при растяжении ( $R_{bt}$ ) МПа		В/Ц
Образцы труб, формуемые послойным осевым прессованием	Образцы труб, формуемые способом вибровакуумирования	
4,20	6,32	0,5
3,93	6,80	0,55
3,12	7,41	0,65

Из таблицы 1 видно, что прочность при растяжении образцов труб, формуемых способом вибровакуумирования на 40% выше, чем у образцов, полученных послойным осевым прессованием. Одновременно с вакуумированием бетонная смесь уплотняется вибрацией, что дополнительно повышает прочность [4, 5].

В результате проведенных исследований были выявлены основные проблемы качества бетонных и железобетонных труб, формуемых традиционными способами. Вибровакуумный способ формирования улучшает характеристики изделий, в частности прочность при растяжении. Он эффективен для формирования бетонных и железобетонных труб, колец, стоек опор освещения и контактной сети.

- [1] Рунова Р.Ф., Гоц В.І., Саницький М.А. та ін. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження в будівництво /- К.: УВПК„ЕксОб”, 2008. - 360 с.
- [2] Jamrozy Z. Beton i jego technologie. - Warszawa: Wydawnictwo naukowe Pwn, 2000. - 486 s.
- [3] Вандоловский А.Г., Деденева Е.Б. Повышение эффективности вибровакуумного формирования тонкостенных изделий. Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2008.- Вип.47.- с.192-195.
- [4] Mathematical model of consolidation of fine concrete mixtures with different mobility, casted by vacuumizing and axial pressing in layers. E. Dedeneva, I. Kazimagomedov, Saad Salem, T. Kostyuk, Basheer N. Younis and M. Yakimenko. – МАТЕС Web Conf., 116 (2017) 01003. – Published online: 10 July 2017.
- [5] Younis B.N., Dedeneva E.B., Kostyuk T.O Formation of structure fine concrete with regard to their crystallographic -energy characteristics // 28 Proceedings of III International scientific conference “ Modern scientific achievements: experience exchange”. Morrisville, Lulu Press, 2017. p. 28-31