

исследования влияния добавок метилцеллюлозы МЦ (Tylose) на адгезионную прочность теплоизоляционного материала на основе цементного вяжущего, наносимого тонким слоем. Адгезионная прочность покрытия определялась методами решётчатых надрезов и отрыва. Определены оптимальные дозировки МЦ (Tylose), обеспечивающие высокую адгезионную прочность покрытия.

**Ключевые слова.** Метилцеллюлоза, адгезионная прочность, метод решётчатых надрезов, метод отрыва.

**Plachotnikov K.V., Dedenyova E. B., Demina O. I., Bondarenko A.I. INFLUENCE OF WATER-**

**CONTAINING ADDITIVES ON THE ADHESION PERIOD OF THIN-COVERED HEAT INSULATION COATINGS BASED ON MINERAL BINDER.** The article presents the results of the investigation of the effect of methylcellulose additives (Tylose) on the adhesion strength of a heat-insulating material based on a cement binder applied by a thin layer. Adhesive strength of the coating was determined by the methods of lattice cuts and separation. Optimal dosages of Tylose were determined, which ensure high adhesion strength of the coating.

**Keywords:** Methyl cellulose, adhesion strength, the method of lattice incisions, the method of separation.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-156-163

УДК 691.55:699.822:699.887

**Плугін О.А., Касьянов В.В., Плугін А.А.,  
Плугін Д.А., Борзяк О.С.**

*Український державний університет залізничного транспорту  
(майд. Фейербаха 7, Харків, 61050, Україна; e-mail:kasyanow.vladimir@gmail.com)*

### **ВПЛИВ СТРУКТУРИ ТА КОМПОНЕНТІВ НА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ**

В статті наведено результати дослідження впливу структури та властивостей компонентів на електрофізичні властивості композицій на основі портландцементу, призначених для захисту від електрокорозії. В результаті виконаних теоретичних досліджень отримано залежності для визначення питомого електричного опору і питомої електропровідності матричного композиту за даними про його склад та питомий електричний опір наповнювача та матриці. Розроблено алгоритм визначення питомого електричного опору матричного композиту за даними про питомий електричний опір наповнювача та матриці і складом композиції з дослідницькими або технологічними цілями.

**Ключові слова:** портландцемент, електропровідний наповнювач, електропровідна композиція, питомий електричний опір, електрокорозія, захист.

**Вступ.** Для електротехнічних розчинів та бетонів, звичайних бетонів деяких спеціальних конструкцій пред'являються вимоги до питомого електричного опору або питомої електропровідності, звичайно обмежені досить вузьким діапазоном значень. Так, для бетонів підрейкових основ залізниць як захід захисту від електрокорозії та забезпечення надійної роботи рейкових кіл забезпечується підвищений електричний опір важкого бетону [1, 2]. У ДСТУ Б В.2.6-209:2016 «Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 і 1435 мм. Технічні умови», розробле-

ному авторами статті, це реалізовано нормуванням питомого електричного опору бетону не менше 100 Ом×м (за певної вологості). Для захисту від електрокорозії під час ремонту споруд також забезпечується підвищений електроопір, для чого застосовують полімерцементний розчин [3]. Електропровідні бетони застосовують для нагрівальних елементів [4-6], а також для захисту від іонізуючих випромінювань [7]. Електропровідністю бетону управляють за рахунок застосування електропровідних наповнювачів, частіше вуглеграфітових [5, 6], металовмісних [7]. На електропровід-

ність впливають також склад (співвідношення компонентів) [8] і структура [9-11], особливо мікроструктура [10-12] композиту, технологічні впливи під час його виготовлення [8, 13, 14]. Електропровідність бетону суттєво залежить від вологості [15], що може створювати проблеми під час експлуатації спеціальних конструкцій. Управління електропровідністю під час виготовлення композитів здійснюють емпіричним шляхом, досліджуючи експериментально її залежність від рецептно-технологічних факторів. Це досить трудомістко і тривало. Тому проблема прогнозування питомого електричного опору композиту за даними про питомий електричний опір наповнювача і матриці та узагальненими характеристиками його складу є актуальною. У цій статті розвиваються і уточнюються стосовно композицій на основі портландцементу та електропровідних наповнювачів результати досліджень [16-18].

**Мета дослідження** – розробка алгоритму прогнозування питомого електричного опору композиту за даними про питомий електричний опір його компонентів і узагальненими характеристиками його складу.

Для досягнення мети визначені завдання:

- побудова фізичних (тривимірних геометричних) моделей структури та електропровідності матричного композиту;

- перетворення фізичної моделі електропровідності матричного композиту у математичну модель – визначення залежностей питомого електричного опору і питомої електропровідності композиційного матеріалу за даними про його склад та питомий електричний опір наповнювача та матриці;

- розробка алгоритму визначення питомого електричного опору і питомої електропровідності композиційного матеріалу за даними про питомий електричний опір наповнювача та матриці і складом композиції з дослідницькими або технологічними цілями.

**Результати дослідження.** Композиційний матеріал (матричний композит за [17]) складається із структуроутворюючих

частинок (наповнювача), зв'язаних водно матрицею. Для досліджень та опису кількісних закономірностей у [18] структура умовно представлена просторовою геометричною моделлю з регулярним розташуванням кулеподібних структуроутворюючих частинок однакового діаметру. Схема структури такої композиції наведена на рис. 1, а, а схема її умовної просторової елементарної комірки, що складається з однієї частинки наповнювача середнім розміром (діаметром)  $d$ , м, оточеної з трьох боків (у просторі) матрицею з середньою товщиною в місцях максимального наближення частинок наповнювача  $\delta$ , м, на рис. 1, б.

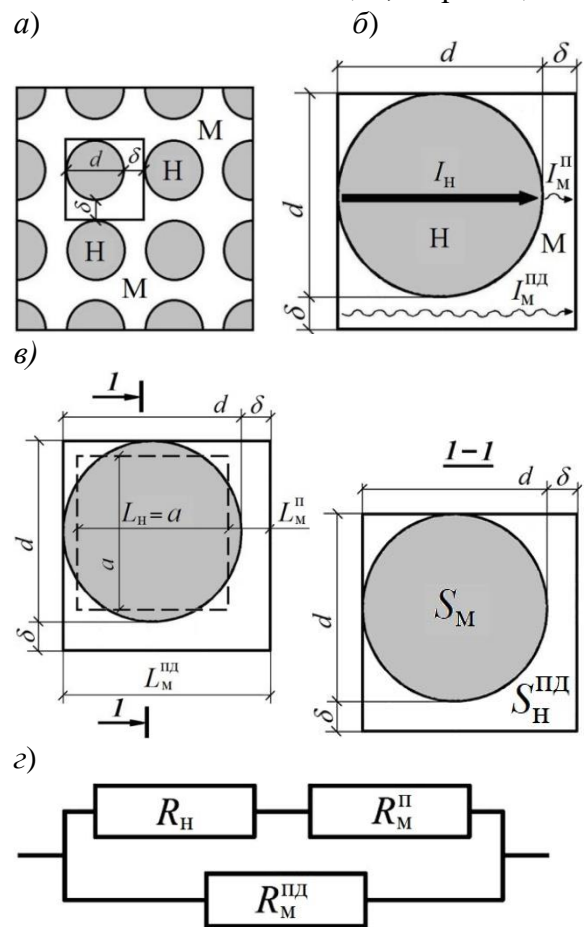


Рис. 1. Схема формування електричного опору композиційного матеріалу: а – схема структури композиційного матеріалу; б – схема умовної елементарної комірки композиційного матеріалу і протікання струму крізь неї; в – еквівалентна схема умовної елементарної комірки композиційного матеріалу і протікання електричного струму крізь неї; г – еквівалентна схема електричного опору елементарної комірки композиційного матеріалу; Н – наповнювач; М – матриця

На рис. 1, в наведена еквівалентна схема умовної просторової елементарної комірки композиційного матеріалу і протікання електричного струму крізь неї. Як бачимо із рис. 1, б, в, загальний електричний струм  $I$ , що протікає крізь умовну елементарну комірку, розділяється на струми, які протікають крізь частинку наповнювача ( $I_H$ ) і прошарки між частинками наповнювача – поперечний ( $I_M^H$ ) і подовжній ( $I_M^{пд}$ ) напрямку струму. Оскільки довжина частинки наповнювача є змінною від 0 до  $d$  і, відповідно, довжина поперечної ділянки матриці також є змінною від  $\delta$  до  $\delta + d/2$ , у схемі рис. 1, а умовно замінимо форму частки наповнювача з кулі на куб рівного об'єму (рис. 1, в):

$$V_{\text{кул}} = \pi d^3/6 = V_{\text{куб}} = a^3, \text{ м}^3. \quad (1)$$

Довжина ребра такого куба дорівнюватиме:

$$a = d\sqrt[3]{\pi/6}, \text{ м}. \quad (2)$$

Згідно схемам рис. 1, б, в питомий електричний опір композиційного матеріалу дорівнюватиме питомому електричному опору його умовної елементарної комірки:

$$\rho_K = RS/L = R(d+\delta)^2/(d+\delta) = R(d+\delta), \text{ Ом} \times \text{м}. \quad (3)$$

де  $R$  – електричний опір, Ом;  $S$  – площа поперечного перерізу,  $\text{м}^2$ ;  $L$  – довжина, м:

$$S = (d+\delta)^2, \text{ м}^2; \quad L = d+\delta, \text{ м}. \quad (4)$$

Виходячи із такої схеми протікання струму, еквівалентна схема електричного опору умовної елементарної комірки композиту за аналогією з [15] може бути представлена у вигляді рис. 1, г, де електричні опори (провідники) наповнювача  $R_H$  і прошарку матриці, поперечному напрямку протікання струму  $R_M^H$  з'єднані послідовно, а електричний опір прошарку матриці, подовжнього напрямку протікання струму  $R_M^{пд}$  – паралельно двом першим ( $R_H$  і  $R_M^H$ ).

Згідно схемі рис. 1, в, г електропровідність  $1/R_K$  (величина, зворотна електричному опору  $R_K$ ) умовної елементарної комірки композиту складе:

$$\frac{1}{R_K} = \frac{1}{R_H + R_M^H} + \frac{1}{R_M^{пд}}, \quad (5)$$

де  $R_H$  – електричний опір частинки наповнювача, Ом;  $R_M^H$ ,  $R_M^{пд}$  – електричний опір

прошарків матриці, відповідно, поперечного і подовжнього напрямку електричного струму, Ом:

$$R_H = \frac{\rho_H L_H}{S_H} = \frac{\rho_H d\sqrt[3]{\pi/6}}{\left(d\sqrt[3]{\pi/6}\right)^2} = \quad (6)$$

$$= \frac{\rho_H}{d\sqrt[3]{\pi/6}} = \frac{\rho_H}{0,806d}, \text{ Ом};$$

$$R_M^H = \frac{\rho_M L_M^H}{S_M^H} = \frac{\rho_M [(d+\delta) - d\sqrt[3]{\pi/6}]}{\left(d\sqrt[3]{\pi/6}\right)^2} = \quad (7)$$

$$= \frac{\rho_M [d(1 - \sqrt[3]{\pi/6}) + \delta]}{\left(d\sqrt[3]{\pi/6}\right)^2} = \frac{\rho_M (0,194d + \delta)}{0,649d^2}, \text{ Ом}$$

$$R_M^{пд} = \frac{\rho_M L_M^{пд}}{S_M^{пд}} = \frac{\rho_M (d+\delta)}{(d+\delta)^2 - \left(d\sqrt[3]{\pi/6}\right)^2} = \quad (8)$$

$$= \frac{\rho_M (d+\delta)}{0,351d^2 + 2d\delta + \delta^2}, \text{ Ом}$$

де  $L_H$  – довжина частинки наповнювача, що дорівнює довжині ребра куба  $a$ , м;

$$L_H = a = d\sqrt[3]{\pi/6}, \text{ м}, \quad (9)$$

$L_M^H$  – розмір прошарку матриці, поперечного напрямку протікання струму, що дорівнює його товщині  $\delta$ , м;

$$L_M^H = (d+\delta) - a = d + \delta - d\sqrt[3]{\pi/6} = d\left(1 - \sqrt[3]{\pi/6}\right) + \delta, \text{ м}, \quad (10)$$

$L_M^{пд}$  – розмір прошарку матриці, подовжнього напрямку протікання струму, що дорівнює  $(d+\delta)$ , м;  $S_H$  – площа перерізу частинки наповнювача,  $\text{м}^2$ ;  $S_M^H$ ,  $S_M^{пд}$  – площа перерізу прошарків матриці, відповідно, поперечного і подовжнього напрямку електричного струму,  $\text{м}^2$ :

$$S_H = S_M^H = a^2 = \left(d\sqrt[3]{\pi/6}\right)^2, \text{ м}^2;$$

$$S_M^{пд} = S - S_H = (d+\delta)^2 - d^2\sqrt[3]{\left(\pi/6\right)^2}, \text{ м}^2. \quad (11)$$

Підставивши (3, 6, 7, 8) у (5), отримаємо рівняння для визначення питомої електропровідності композиції  $1/\rho_K$  – величини, зворотної її питомому електричному опору  $\rho_K$ :

$$\frac{d + \delta}{\rho_k} = \frac{1}{R_n + R_m^{\text{п}}} + \frac{1}{R_m^{\text{пд}}};$$

$$\frac{1}{\rho_k} = \frac{1}{d + \delta} \left( \frac{1}{R_n + R_m^{\text{п}}} + \frac{1}{R_m^{\text{пд}}} \right), \frac{\text{СМ}}{\text{М}}. \quad (12)$$

Як бачимо, питома електропровідність композиції  $1/\rho_k$  та, отже, і її питомий електричний опір  $\rho_k$  залежать від питомого електричного опору наповнювача  $\rho_n$  і матриці  $\rho_m$  і таких характеристик структури композиції, як  $d$ ,  $\delta$  та їх співвідношення  $\delta/d$ . Дослідимо вплив складу композиції на ці характеристики структури.

За аналогією з [18, 19] застосуємо для цього структурну характеристику композиційного матеріалу – коефіцієнт розсунення наповнювача матрицею  $\eta$ . Використовуючи підхід за [20], отримаємо формулу для коефіцієнту розсунення  $\eta$ . Уявимо, що представлена на рис. 1, а просторова модель композиційного матеріалу утворена розсунутими матрицею відносно вихідного стану частинками наповнювача у вигляді куль. У вихідному стані розташування куль контактне, а їх упаковка – проста кубічна (рис. 2, а). Із щільних упаковок куль найменш щільною є саме проста кубічна [21], проте саме їй за думкою багатьох дослідників [22; 23] у найбільшому ступені відповідає структура бетонів і аналогічних композиційних матеріалів. У розсуненому стані порядок взаємного розташування куль зберігається.

Як вже було припущено, простішим регулярним елементом такої упаковки, що відповідає умовній просторовій елементарній комірці структури, є куб зі вписаною в нього кулею (рис. 2, б). Сторона кубу дорівнює діаметру кулі. Об'єм пустот  $V_{\text{п}}$  в цьому випадку дорівнюватиме різниці між об'ємом кубу та об'ємом кулі:

$$V_{\text{п}} = d^3 - \frac{\pi d^3}{6} = (1 - \pi/6)d^3. \quad (13)$$

Пустотність цієї упаковки частинок наповнювача – кулі складає:

$$P_{\text{н}} = \frac{(1 - \pi/6)d^3}{d^3} = 1 - \frac{\pi}{6} = 0,4764. \quad (14)$$

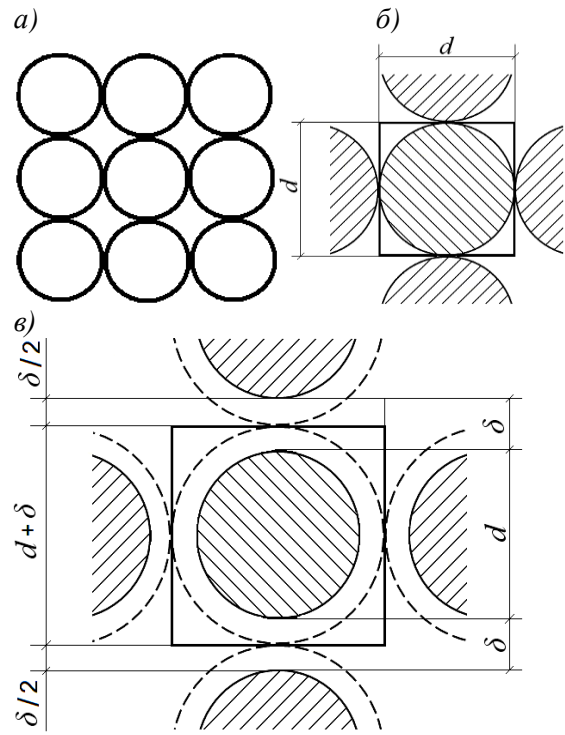


Рис. 2. Схема умовної елементарної комірки структури композиційного матеріалу, що відповідає простій кубічній упаковці куль: а – проста кубічна упаковка куль однакового діаметру; б – елементарна комірка з контактним розташуванням структуроутворюючих елементів; в – елементарна комірка з розсуненням структуроутворюючих елементів матрицею

У разі контактного розташування куль об'єм матриці дорівнює об'єму пустот. У разі розсунення куль матрицею між ними утворюється прошарок товщиною  $\delta$  (рис. 2, в) і об'єм матриці складатиметься із об'єму пустот між кулями діаметром  $(d + \delta)$  і різниці об'ємів куль з діаметрами  $(d + \delta)$  і  $d$ :

$$V_m = \left(1 - \frac{\pi}{6}\right)(d + \delta)^3 + \left[ \frac{\pi}{6}(d + \delta)^3 - \frac{\pi}{6}d^3 \right] = (d + \delta)^3 - \frac{\pi}{6}d^3. \quad (15)$$

Коефіцієнт розсунення частинок наповнювача матрицею  $\eta$  є відношенням об'єму матриці  $V_m$  до об'єму пустот  $V_{\text{п}}$  між частинками наповнювача у вихідному стані – з їх контактним розташуванням без розсунення:

$$\eta = \frac{V_M}{V_H} = \frac{(d + \delta)^3 - \frac{\pi}{6} d^3}{(1 - \pi/6) d^3} = 2,10 \left(1 + \frac{\delta}{d}\right)^3 - 1,10. \quad (16)$$

Отримане рівняння відповідає аналогічній формулі у [19].

У разі утворення більш щільних упаковок на кожну кулю припадає менше загального об'єму системи, ніж у разі простої кубічної упаковки. Нехай частка цього об'єму від об'єму куба дорівнюватиме  $k$ . У цьому випадку об'єм пустот  $V_H$  і пустотність  $\Pi_H$  дорівнюватимуть:

$$V_v = kd^3 - \frac{\pi d^3}{6} = (k - \pi/6) d^3. \quad (17)$$

$$\Pi_H = \frac{(k - \pi/6) d^3}{kd^3} = 1 - \frac{\pi}{6k}. \quad (18)$$

Величину  $k$  можливо виразити через пустотність упаковки, перетворивши (18):

$$k = \frac{\pi}{6 \cdot (1 - \Pi_H)}. \quad (19)$$

У разі розсунення частинок на відстань  $\delta$  об'єм матриці та коефіцієнт розсунення дорівнюватимуть, відповідно:

$$V_M = \left(k - \frac{\pi}{6}\right) (d + \delta)^3 + \left[\frac{\pi}{6} (d + \delta)^3 - \frac{\pi}{6} d^3\right] = \quad (20)$$

$$= k(d + \delta)^3 - \frac{\pi}{6} d^3.$$

$$\eta = \frac{k(d + \delta)^3 - \pi/6}{(1 - \pi/6) d^3} = \frac{k}{k - \pi/6} \left(1 + \frac{\delta}{d}\right)^3 - \frac{\pi/6}{k - \pi/6}. \quad (21)$$

Підставивши (19) у (21), отримаємо:

$$\eta = \frac{1}{\Pi_H} \left(1 + \frac{\delta}{d}\right)^3 - \frac{1}{\Pi_H} + 1. \quad (22)$$

Залежність  $\delta$  від  $d$ ,  $\Pi_H$  та  $\eta$  для композицій на основі портландцементу отримаємо, відповідним чином перетворивши (22):

$$\delta = d[\sqrt[3]{\Pi_H(\eta - 1) + 1} - 1], \text{м}; \quad (23)$$

$$\eta = \frac{V_M}{V_H} = \frac{\frac{\Pi}{\rho_H} \cdot \frac{1}{\rho_H} + \frac{1}{\rho_H} + \frac{B}{\rho_B} \cdot \frac{1}{\rho_B}}{\frac{H}{\rho_H^c} \cdot \frac{\Pi_H}{\rho_H^c}}, \quad (24)$$

де  $\Pi$ ,  $\rho_H$ ,  $B$ ,  $H$  – витрата на  $1 \text{ м}^3$  композиції, відповідно, піску, цементу, води, наповнювача, кг;  $\Pi_H = 1 - \rho_H^c / \rho_H$  – пустотність упаковки частинок наповнювача в ущільненому стані (аналог пустотності заповнювачів бетону);  $\rho_H$ ,  $\rho_H^c$ ,  $\rho_B$ ,  $\rho_B^c$  – істинна густина, відповідно, піску, цементу, води, наповнювача,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho_H^c$  – середня густина наповнювача в ущільненому стані (аналог насипної густини заповнювачів бетону),  $\text{кг/м}^3$ ;  $\Pi/\rho_H$ ,  $B/\rho_B$ ,  $H/\rho_H^c$  – кількісне співвідношення за масою відповідних компонентів композиції.

Такими чином, алгоритм оцінки питомого електричного опору композиційного матеріалу за даними про питомий електричний опір наповнювача та матриці і складом композиції з дослідницькими або технологічними цілями набуває такого виду:

1) за даними про склад та фізичні властивості компонентів композиційного матеріалу за формулою (24) або аналогічними визначають коефіцієнт розсунення частинок наповнювача матрицею  $\eta$ ;

2) за формулою (23) визначають товщину прошарку матриці між частинками наповнювача  $\delta$ ;

3) за даними про питомий електричний опір наповнювача  $\rho_H$  та матриці  $\rho_M$  й середніми величинами розміру зерен наповнювача  $d$  і товщини прошарків матриці між ними  $\delta$  за формулами (6, 7, 8, 12) визначають питому електропровідність  $i$ , як зворотну їй величину – питомий електричний опір композиційного матеріалу;

4) для композиційного матеріалу з багаторівневою структурою виконують розрахунок за попередніми пп. спочатку для більш дрібного рівня (наприклад, мікрорівня із цементного каменю і наповнювача), потім для наступного, використовуючи отриману величину питомого електричного опору за цими пп. як величину питомого електричного опору матриці наступ-

ного більш крупного рівня (мезорівня з заповнювачем – піском) і т.д. (макрорівня з заповнювачем – щебенем).

За рівняннями (23, 12) для величин  $P_{\Pi} = 0,65$ ,  $d = 1 \times 10^{-4}$  м,  $\rho_{\Pi} = 0,8 \times 10^{-5}$  Ом $\times$ м,  $\rho_{\text{м}} = 50$  і  $100$  Ом $\times$ м досліджено залежність питомого електричного опору композиції на основі портландцементу з КХД і графітовим наповнювачем від основної структурної характеристики матричних композитів – коефіцієнту розсунення частинок наповнювача матрицею (ненаповненою цементною композицією)  $\eta$  в діапазоні значень від 1 до 3. Ці залежності  $\rho_{\text{к}}$  від  $\eta$  представлені на графіку рис. 3, а. На рис. 3, б представлено експериментальну залежність  $\rho_{\text{к}}$  від відношення кількості графітового наповнювача до кількості цементного композиту ГН/ЦК марок ГС-1 і ГЛ від вмісту графітового наповнювача ГН/ЦК, % за масою.

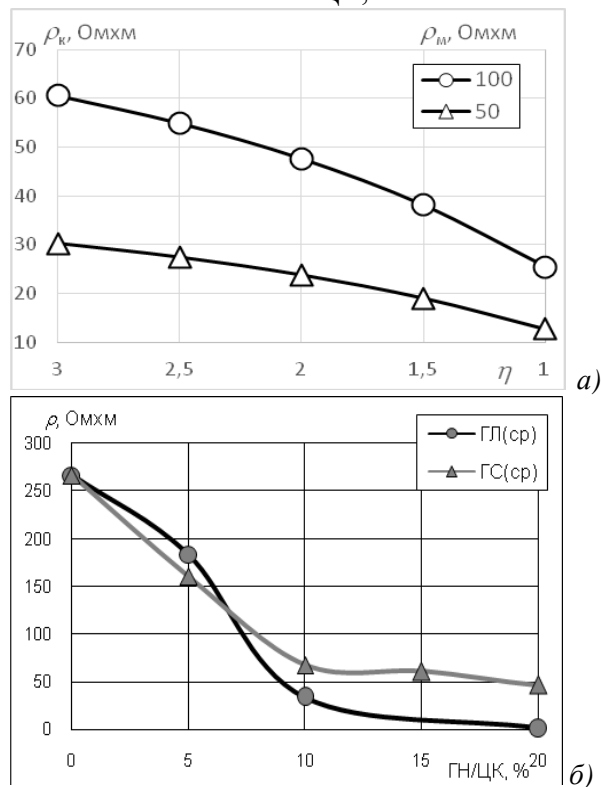


Рис. 3. Залежності питомого електричного опору  $\rho$  композиції на основі портландцементу з КХД і графітовим наповнювачем: а – теоретична від коефіцієнту розсунення частинок графітового наповнювача  $\eta$  матрицею; б – експериментальна від відношення кількості графітового наповнювача до кількості цементного композиту ГН/ЦК марок ГС-1 і ГЛ від вмісту графітового наповнювача ГН/ЦК, % за масою

Враховуючи те, що коефіцієнт розсунення  $\eta$  і відношення ГН/ЦК згідно рівнянню (24) зворотно пропорційні та вісь абсцис на рис. 3, а розбита у зворотному порядку, криві рис. 3, а і б схожі та знаходяться у близьких діапазонах значень питомого електричного опору. Це доводить коректність моделей (23) і (12) для прогнозування питомого електричного опору композиту за даними про питомий електричний опір його компонентів і узагальненими характеристиками його складу

**Висновки.** В результаті виконаних теоретичних досліджень побудовані фізичні (тривимірні геометричні) моделі структури та електропровідності матричного композиту. Ці моделі перетворені у математичну модель залежності питомого електричного опору і питомої електропровідності композиційного матеріалу від характеристик його складу та питомого електричного опору наповнювача та матриці. Коректність цієї моделі для прогнозування електрофізичних характеристик композитів підтверджено її збіжністю з результатами експериментальних досліджень. Розроблено алгоритм визначення питомого електричного опору і питомої електропровідності композиційного матеріалу за даними про питомий електричний опір наповнювача та матриці і складом композиції з дослідницькими або технологічними цілями.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Старосельский, А.А. Коррозия и защита железобетонных конструкций в сооружениях электрифицированных железных дорог. - Харьков: ХИИТ, 1988. - 82 с.
2. Плугин, А.Н. Электрическое сопротивление железобетонных шпал с различными типами рельсовых скреплений / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Ал.А. Плугин, А.А. Дудин // 3б. наук. праць УкрДАЗТ. - Харків, 2009. - Вип.111. - С.245-261.
3. Палий, В.В. Экспериментальная проверка технологических характеристик и электросопротивления полимерцементного раствора с карбамидной смолой / В.В. Палий, А.Н. Пшинько, А.Н. Плугин, А.А. Плугин, С.Г. Нестеренко, А.А. Конев // 3б. наук. праць УкрДАЗТ. - Харків: УкрДАЗТ, 2012. - Вип.134. - С.235-241.

4. Врублевский, Л.Е. Возможности использования электропроводного бетона (бетэла) в гражданском строительстве. - Москва, 1971. - 51 с.
5. Пушкарева, Е.К. Моделирование процессов получения нелинейных высокоомных резистивных композиционных материалов в системе « $\beta$ - $C_2S$ - $SiC$ - $C$ - $Na_2O$ · $SiO_2$ · $mH_2O$ » / Е.К. Пушкарева, С.Г. Гузий // Будівництво: Зб. наук. пр. - Дніпропетровськ: ДІТ, 2001. - Вип.9. - С.54-57.
6. Lopanov, A.N. Cement-quartz electrically conductive composites based on graphite dispersions / A.N. Lopanov, E.A. Fanina, O.N. Guzeeva // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. - Vol. 9 (2014). - P.2250-2253.
7. Христич, О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізуючого випромінювання / О.В. Христич, М.С. Лемешев М.С. // Вісник Вінницького політехнічного інституту.- Вінниця: УНІВЕРСУМ, 1998. - №2. - С.18-23.
8. Лопанов, А.Н. Влияние рецептурно-технологических факторов на физико-механические характеристики мелкозернистого бетона с углеродной фазой / А.Н. Лопанов, Е.А. Фанина, О.Н. Томаровщенко // Вестник БГТУ им В. Г. Шухова. - 2017. - №1. - С.130-133.
9. Сердюк, В.Р. Фізико-хімічні особливості формування структури електропровідних бетонів / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев, О.В. Христич // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - Вінниця: ВДТУ, 1997. - №2. - С.5-9.
10. Христич, О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізуючого випромінювання / О.В. Христич, М.С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - Вінниця: УНІВЕРСУМ, 1998. - №2. - С.18-23.
11. Пушкарьова, К.К. Микроструктура резистивних композиційних матеріалів в системі « $\beta$ - $C_2S$ - $SiC$ - $C$ - $Na_2O$ · $SiO_2$ · $mH_2O$ » / К.К. Пушкарьова, С.Г. Гузий // Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. - Рівне: РДТУ. - 2000.- вип.5. - С.82-85.
12. Пушкарева, Е.К. Исследование физико-химических процессов формирования диэлектрической матрицы в системе « $\beta$ - $C_2S$ - $Na_2O$ · $SiO_2$ · $mH_2O$ » / Е.К. Пушкарева, С.Г. Гузий // Научно-практичні проблеми моделювання та прогнозування надзвичайних ситуацій: Зб. наук. ст. - Київ: КНУБА. - 2002. - Вип. 5. - С.23-29.
13. Лопанов, А.Н. Регулирование электрических и реологических свойств гетерогенных систем на основе кварцевого песка и графита механической активацией кварцевого песка / А.Н. Лопанов, Е.А. Фанина, О.Н. Гузеева // Вестник МГСУ, 2016. - № 8. - С.78-87.
14. Lopanov, A.N. Technology of electrically conductive composites of alka-line earth metals carbonates and carbon dispersions / A.N. Lopanov, O.N. Guzeeva, I.V. Prushkovsky, K.V. Tikhomirova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. - Vol. 9 (2014) - P. 2275-2278.
15. Бернацкий, А.Ф. Электрические свойства бетона / А.Ф. Бернацкий, Ю.В. Целебровский, В.А. Чунчин. - Москва: Энергия, 1980. - 208 с.
16. Pluhin, O. The effect of structural characteristics on electrical and physical properties of electrically conductive compositions based on mineral binders / O. Pluhin, A. Plugin, D. Plugin, O. Borziak, O. Dudin // Matec Web of Conference, V.116, 01013 (2017), 9 pp. DOI: 10.1051/mateconf/201711601013
17. Бабушкин, В.И. Особенности подбора состава формовочной смеси для цементно-песчаных стеновых материалов заданной плотности / В.И. Бабушкин, А.А. Плугин, Т.А. Костюк // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА, 1998. - Вип.4. - С.61-63.
18. Плугин, А.А. Управління міцністю дрібнозернистого бетону одразу після формування на основі урахування електроповерхневих властивостей його складових / А.А. Плугин, Т.А. Костюк, В.І. Бабушкін // Науковий вісник будівництва.- Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 1999. - Вип.7. - С.63-67.
19. Браутман, Л. Композиционные материалы. Том 3: Применение композиционных материалов в технике / Л. Браутман, Р. Крок; под. ред. Б. Нотона. - Москва: Машиностроение, 1978. - 511 с.
20. Плугин А.А. Совершенствование состава и структуры бетона с учетом электроповерхностных свойств его составляющих для повышения прочности и стойкости изделий кольцевого сечения: Дисс... к.т.н.: 05.23.05. - Защ.14.06.1994. - Харьков: ХИСИ, 1994. - 245 с.

21. Plugin A.A. Increase of gypsum water resistance by mineral additives / A.A. Plugin, O.A. Plugin, H.-B. Fisher, G.N. Shabanova // 1 Weimarer Gipstagung, 30-31 März 2011, Weimar, Bundes Republik Deutschland: Tagungsbericht. - Weimar: F.A. Finger - Institut für Baustoffkunde, Bauhaus-Universität Weimar, 2011. - NP21. - P.435-443.
22. Плагин А.Н. Электрогетерогенные взаимодействия при твердении цементных вяжущих: Дисс... д.х.н.: 02.00.11. - Защ. 14.06.89. - Киев: ИКХХВ, 1989. - 282 с.
23. Шаскольская М.П. Кристаллография. - М.: Высшая школа, 1976. - 392 с.
24. Шейкин А.Е. Структура и свойства цементных бетонов / А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский, М.И. Бруссер. - М.: Стройиздат, 1979. - 344 с.
25. Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ. - Москва: Высшая школа. - 1978. - 309 с.

**Плагин Ал.А., Касьянов В.В., Плагин А.А., Плагин Д.А., Борзяк О.С. ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ И КОМПОНЕНТОВ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА.** В статье приведены результаты исследования влияния структуры и свойств компонентов на электрофизические свойства композиций на основе портландцемента, предназначенных для защиты от электрокоррозии. В результате выполненных теоретических исследований получены зависимости для определения удельного электрического сопротивления и удельной электропроводности матричного композита по данным о его со-

ставе и удельном электрическом сопротивлении наполнителя и матрицы. Разработан алгоритм определения удельного электрического сопротивления матричного композита по данным об удельном электрическом сопротивлении наполнителя и матрицы и составе композиции в исследовательских или технологических целях.

**Ключевые слова:** портландцемент, электропроводный наполнитель, электропроводная композиция, удельное электрическое сопротивление, электрокоррозия, защита.

**Plugin O.A., Kasyanov V.V., Plugin A.A., Plugin D.A., Borziak O.S. INFLUENCE OF STRUCTURE AND COMPONENTS TO ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF COMPOSITIONS BASED ON PORTLANDCEMENT.** The results of the study of the effect of the structure and properties of the components to the electrophysical properties of portland cement compositions are given in this article. The compositions are designed to protect against electrocorrosion. Dependences for the determination of the specific electrical resistance and the specific electric conductivity of the matrix composite from the data on its composition and the electrical resistivity of the filler and matrix were obtained as a result of theoretical studies. The algorithm for determining the specific electrical resistance of a matrix composite from the data on the specific electrical resistance of the filler and the matrix and the composition of the composition was developed. The determination is performed for research or technology.

**Keywords:** portlandcement, conductive filler, conductive composition, electrical resistivity, electrocorrosion, protection.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-163-169  
УДК 692.4

**Першина Л.О., Макаренко О.В.**

*Харківський національний університет будівництва та архітектури*  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: [pershinalal@gmail.com](mailto:pershinalal@gmail.com); [olga.fxm@gmail.com](mailto:olga.fxm@gmail.com))

## ПРИРОДНІ ПОКРІВЛІ: МИНУЛЕ І СУЧАСНЕ

У статті розглянута історія природних покрівельних покриттів. Виконаний порівняльний аналіз, охарактеризовані властивості, переваги і недоліки, вартість і довговічність сланцевих, гонтових, очеретяних і дернових покрівельних покриттів, оцінені перспективи використання природних покрівельних матеріалів в Україні.

**Ключові слова:** природні покрівлі, сланцеві покрівлі, гонтові покрівлі, очеретяні покрівлі, дернові покрівлі, екологічність, економічність, довговічність.