

Краснянський Григорій Юхимович

Кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики, orcid.org/0000-0002-2421-1270
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Клапченко Василь Іванович

Кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри фізики, orcid.org/0000-0002-4093-5500
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Азнаурян Ірина Олександрівна

Доцент кафедри фізики, orcid.org/0000-0002-7085-7291
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Кузнецова Ірина Олександрівна

Асистент кафедри фізики, orcid.org/0000-0003-1800-1733
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

МЕХАНІЗМИ ВПЛИВУ ТОНКОМЕЛЕНОГО НАПОВНЮВАЧА НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ЦЕМЕНТНОГО В'ЯЖУЧОГО

Анотація. Для управління структуроутворенням бетону з метою отримання матеріалів з оптимальними властивостями необхідна всебічна інформація про процеси, що протікають на певних стадіях твердіння. При гідратації наповнених в'язучих, самодовільному диспергуванні частинок цементу у воді і подальшому структуроутворенні відбуваються суттєві зміни концентрації і рухливості іонів, дисоційованих у процесі твердіння, а також зміни властивостей і складу рідкої фази. Внаслідок цього дослідження електропровідності цементних систем, що тверднуть, дають змогу достатньо точно оцінювати процеси, які в них відбуваються, визначати часові інтервали відповідних етапів структуроутворення. Цей метод чутливий до змін водов'язучого відношення, концентрації та дисперсності наповнювача, температури суміші та інших факторів, що впливають на швидкість твердіння. У цій роботі він використовувався для отримання додаткової інформації про механізми формування структури цементного каменя, зокрема про роль істинного водоцементного відношення при введенні у в'язуче тонкомеленого наповнювача. Об'єкти дослідження – цементно-піщані зразки, що тверднуть, при різних концентраціях наповнювача ($c = m_n/m_c = 60\%, 120\%$) і різних співвідношеннях розмірів зерен ($R_n/R_c = 1:3, 1:1, 3:1$) протягом перших п'яти годин після змішування, коли фазові перетворення відбуваються найбільш інтенсивно. Виявлені особливості кінетики електричного опору пояснюються на основі уявлень про формування структури в'язучих. Показано, що на процеси структуроутворення істотно впливає ефект зниження істинного водоцементного відношення за наявності тонкомеленого наповнювача, який разом з його концентрацією та співвідношенням розмірів зерен наповнювача і цементу багато в чому визначає специфіку процесів структуроутворення в'язучих, будучи одним з основних механізмів поліпшення їхньої структури.

Ключові слова: цементне в'язуче; тонкомелені наповнювачі; кінетика електропровідності; формування структури

Постановка проблеми

Одним з основних напрямів збільшення виробництва бетону є скорочення тривалості твердіння виробів, яке значною мірою визначається тривалістю теплової та механічної обробки (тривалістю механічних впливів).

Для автоматичної підтримки найбільш ефективного режиму такої обробки, можливості його корегування залежно від властивостей цементу, наповнювача і складу бетону, необхідною є

інформація про кінетику структуроутворення і гідратації в'язучого, що використовується. Така інформація може бути отримана за результатами вимірювань електропровідності в'язучих у процесі твердіння [1 – 5].

Вимірювання електропровідності тверднучих цементних систем дають змогу достатньо точно оцінювати процеси, що в них відбуваються, визначати часові інтервали відповідних етапів структуроутворення. Кондуктометричний метод є чутливим до змін водов'язучого відношення,

концентрації і дисперсності наповнювача, температури суміші та до інших факторів, що впливають на швидкість твердіння.

Мета статті

Метою статті є отримання додаткової інформації про механізми формування структури цементного в'язучого, що містить тонкомелений наповнювач, на підставі електрофізичних досліджень.

Виклад основного матеріалу

В роботі представлено результати вимірювання електричного опору цементно-піщаних в'язучих при різних концентраціях наповнювача ($c = m_n/m_{ц} = 60\%$, 120%) і співвідношеннях розмірів зерен ($R_n/R_{ц} = 1:3$, $1:1$, $3:1$) протягом перших п'яти годин після замішування ($B/U = 0,36$), коли фазові перетворення відбуваються найбільш інтенсивно. Основною проблемою при цьому є оптимальний вибір вимірювального пристрою, що допомагає проводити роздільні вимірювання ємності і опору витoku конденсаторів з великими діелектричними втратами – $\text{tg}\delta \gg 1$ (подібним конденсатором є цементний зразок з поміщеними в ньому металевими електродами), електродів і конструкції кондуктометричної комірки з метою зменшення похибок, обумовлених поляризаційними і тепловими явищами [1].

Методика вимірювання імпедансу цементних систем і апаратура, що використовувалась, були аналогічними до описаних у [6]. Отримані експериментальні залежності наведено на рис. 1 – 3. Одночасно з електричними вимірами проводилося також визначення термінів стужавлення за прикладом Віка.

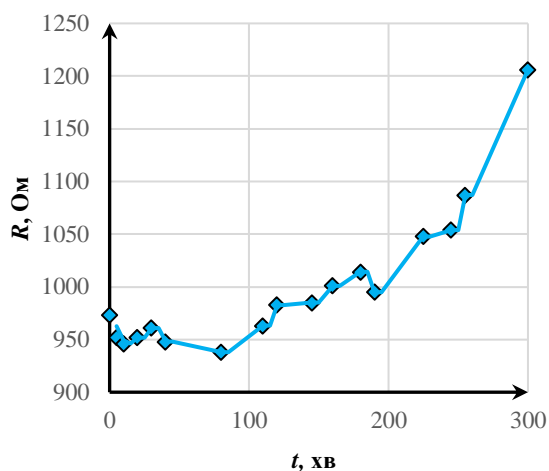


Рисунок 1 – Кінетика електричного опору цементного тіста на початковому етапі твердіння при $c = 0\%$

Як видно з наведених даних, часові залежності опорів для наповнених в'язучих, за винятком складу

$c = 120\%$, $R_n/R_{ц} = 1:3$, загалом подібні до такої залежності для цементного тіста.

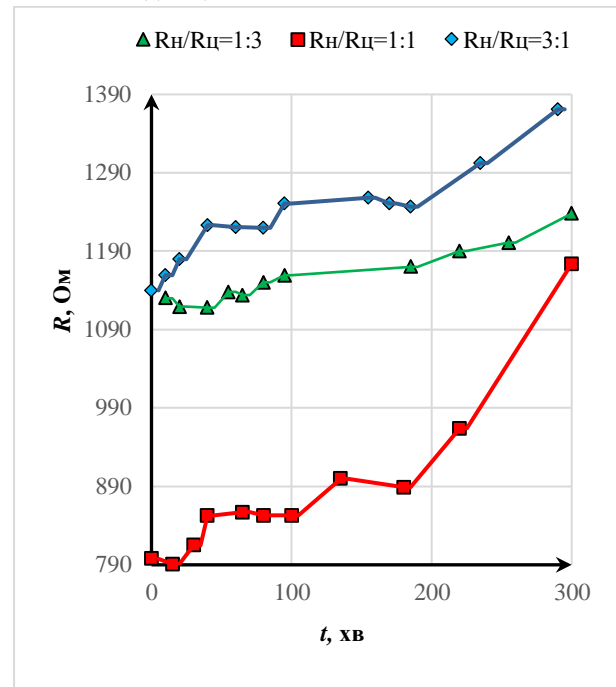


Рисунок 2 – Кінетика електричного опору наповненого в'язучого на початковому етапі твердіння при $c = 60\%$

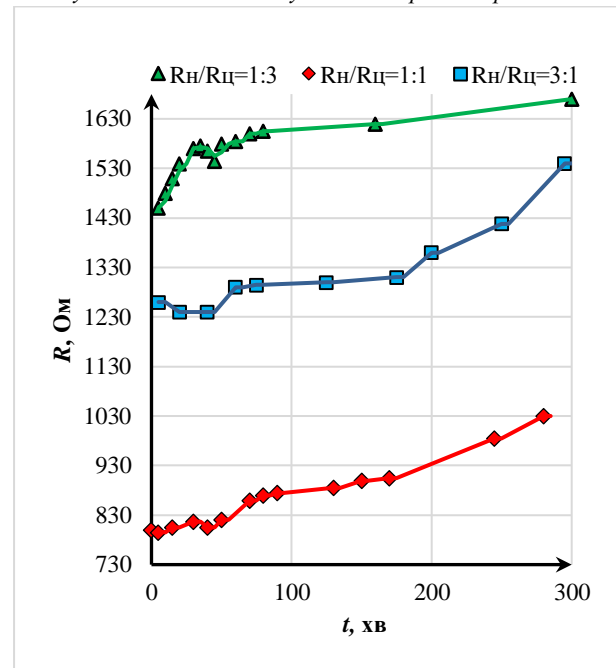


Рисунок 3 – Кінетика електричного опору наповненого в'язучого на початковому етапі твердіння при $c = 120\%$

При цьому часові інтервали між екстремальними точками (мінімумами на кривих $R(t)$) звужуються в ряду складів: $c = 0 \rightarrow c = 60\%$, $R_n/R_{ц} = 3:1 \rightarrow c = 60\%$, $R_n/R_{ц} = 1:1 \rightarrow c = 120\%$, $R_n/R_{ц} = 3:1 \rightarrow c = 60\%$, $R_n/R_{ц} = 1:3 \rightarrow c = 120\%$, $R_n/R_{ц} = 1:1$. На кривій опору в'язучого складу $c = 120\%$, $R_n/R_{ц} = 1:3$ (рис. 3) спостерігається нечітко виражений мінімум приблизно через 40 хв після замішування. Надалі опір продовжує повільно монотонно зростати.

Зазначені особливості кінетики електричного опору мають своє пояснення при врахуванні існуючих уявлень про структурування в'язучих [7–11] із залученням запропонованого механізму зниження істинного V/Ω за наявності наповнювача.

Так, перший мінімум на кривій електричного опору цементного тіста (рис. 1) може бути зіставлений з різким збільшенням концентрації носіїв заряду внаслідок дисоціації на іони в результаті гідролізу C_3A і C_4AF . Подальше незначне зростання опору повинно бути обумовлене зниженням в ході процесу гідратації концентрації іонів OH^- , рухливості інших основних носіїв заряду – іонів Ca^{++} і появою на їхньому шляху перешкод у вигляді новоутворень, що еквівалентно зменшенню перерізу іонного провідника. Надалі на описані процеси накладається збільшення концентрації носіїв заряду внаслідок реакції гідролізу C_3S і C_2S – опір знижується, досягаючи мінімуму в момент часу 1 год 20 хв після замішування. При цьому внаслідок більш високого вмісту в клінкері C_3S і C_2S , їх гідроліз призводить до більшого підвищення концентрації іонів, а отже, до більш сильного зниження опору цементного тіста.

Відзначимо, що на зниження опору в даному часовому інтервалі мають впливати і екзотермічні ефекти, що супроводжують реакції гідролізу і гідратації (з підвищенням температури опір цементного тіста зменшується [1; 12]).

У подальшому зниження опору припиняється, і він починає зростати. Це повинно бути пов'язано, з одного боку, з початком появи на частинках цементу плівок гідратних новоутворень, які перешкоджають подальшому надходженню іонів в рідку фазу. З іншого боку, гідратація окремих зерен цементу, яка відбувається на цьому етапі, призводить до хімічного і адсорбційного зв'язування води, а отже, до зниження концентрації і рухливості носіїв заряду. Разом з підвищенням густини води в адсорбційному шарі її об'єм зменшується, у зв'язку з чим зростає пористість і обриваються струмопровідні канали, що також повинно приводити до зростання опору.

Другий мінімум на кривій опору відповідає початку другої стадії гідратації – індукційному періоду. У цьому ж часовому інтервалі фіксується початок тужавлення цементного тіста за приладом Віка.

Через деякий час зростання опору сповільнюється і до третьої години твердіння він починає зменшуватися. На кривій опору в момент часу 3 год 10 хв з'являється третій мінімум. Такі особливості поведінки електропровідності цементного тіста вказують на зменшення взаємодії цементу з водою, яке відбувається через виникнення екрануючих плівок з продуктів гідратації на частинках вихідного матеріалу. У цей період значення сумарної поверхні частинок новоутворень

внаслідок переважання процесу укрупнення частинок над процесом їх утворення починає зменшуватися, проходячи через мінімум. Одночасно зменшується і зв'язуюча здатність новоутворень, система розріджується, електричний опір падає.

Зменшення опору в інтервалі часу, що розглядається, може бути обумовлене також вивільненням частини раніше зв'язаної води при розкладанні і переході в менш обводнені гідрати сполук з підвищеним вмістом гідратної води, які утворюються на початку процесу.

Зазначена деградація тверднучої системи поступово згасає внаслідок зменшення кількості найбільш дисперсних і дефектних за структурою гідратованих частинок, а також прогресивного наростання хімічних зв'язків в масі новоутворень. На кривій опору спостерігається мінімум, який свідчить про закінчення періоду формування структури. Надалі розвиток кристалізаційних процесів призводить до виникнення міцних контактів між первинними фазами, цементне тісто схоплюється, утворюючи цементний камінь. Початок третьої стадії гідратації характеризується різким зростанням опору.

Відзначимо, що на цьому етапі твердіння збільшення опору не цілком відображає зростання структурної міцності системи, оскільки на величини опорів має помітно впливати дедалі більше зростаюче тепловиділення.

Введення наповнювача до складу в'язучого, внаслідок прояву поверхневих сил, має скорочувати період формування структури, причому, чим вищий вміст наповнювача і його питома поверхня, тим більшим має бути його вплив [5]. Вміст і дисперсність наповнювача визначає і кількість води, яку він відволікає на себе, знижуючи тим самим V/Ω . Крім того, залежно від концентрації наповнювача і співвідношення розмірів зерен наповнювача і цементу змінюється просторова структура тверднучого в'язучого [13]. Зазначені фактори визначають зміни в процесах структурування наповнених в'язучих, які відображаються на кінетиці їх електричного опору.

На першій стадії твердіння зниження істинного V/Ω повинно призводити до зниження концентрації та рухливості іонів, що утворюються в результаті гідролізу клінкерних мінералів. Зменшується і кількість новоутворень, що виникають у процесі гідратації на цьому етапі. Знижується тепловиділення, що супроводжує зазначені процеси. При цьому поведінка електричного опору наповненого в'язучого буде результатом впливу двох основних факторів: зменшення концентрації та рухливості носіїв заряду, зниження температури – зростання опору; зменшення кількості новоутворень, що осідають з розчину, – падіння опору.

Другий етап твердіння наповненого в'язучого (індукційний період) повинен протікати менш інтенсивно і закінчуватися раніше, ніж для цементного тіста, що обумовлено згасанням реакцій гідратації, пов'язаним з дефіцитом вільної води через знижене V/C . При цьому зменшується кількість утворених гідратних сполук з високим ступенем дисперсності, що призводить до більш швидкого превалювання процесу старіння гелів, а отже, скорочення часу, через який система досягне максимальних показників міцності і почне деградувати. Слід також зазначити, що на цій стадії гідратації при знижених значеннях V/C може збільшуватися флокуляція цементних частинок в тверднучому в'язучому. В результаті зростає загальна пористість і зменшиться міцність системи [14; 15].

Описані процеси, якщо вони мають місце, повинні змінювати часові залежності електричного опору, сповільнюючи його зростання в інтервалі часу між другою і третьою екстремальною точкою і прискорюючи появу останньої, яка свідчить про закінчення періоду формування структури. Брак вільної води в наповненому в'язучому має сповільнювати також процеси, що протікають на третій стадії гідратації і призводять до утворення міцної конденсаційно-кристалізаційної структури. Крім того, уповільнення набору міцності на цьому етапі може бути обумовлено ще такими факторами.

1. Частинки наповнювача, особливо при його високій концентрації та дисперсності, можуть завадити розвитку контактів між гідратними фазами, погіршуючи просторову структуру цементного каменю.

2. До початку третьої стадії в наповненому в'язучому зберігається підвищена кількість негідратованого цементу. Передумови для його подальшої гідратації створюються при вивільненні частини раніше зв'язаної води після закінчення індукційного періоду. При цьому стиснені умови для розміщення додаткових порцій новоутворень в наповненому в'язучому можуть призводити до виникнення тиску їх зародків всередині структури, що сформувалася.

Отже, зростання електричного опору, яке відображає кінетику міцності в'язучого

(без урахування ефектів тепловиділення), на цьому етапі гідратації має бути менш інтенсивним, ніж для цементного тіста. Водночас, зниження екзотермії може частково нівелювати ці зміни у поведінці опору.

Аналіз досліджених часових залежностей опору підтверджує вищевикладені уявлення. Дійсно, описані ефекти (прискорення появи третьої екстремальної точки, тобто скорочення періоду формування структури, уповільнення зростання опору після другого і третього мінімумів на відповідних кривих) зростають в тому ж ряду складів, в якому, з урахуванням залежності водопотреби піску від його дисперсності та концентрації, зменшується істинне V/C . Виняток становить склад $c = 120\%$, $R_{II}/R_{III} = 1:3$ з найменшим істинним V/C , для якого третя екстремальна точка на кривій опору взагалі не спостерігається. Імовірно, що у в'язучому такого складу дефіцит вільної води до закінчення другої стадії гідратації настільки великий, що не створюється умов для розриву гелевих оболонок клінкерних частинок. Це і призводить до подовження індукційного періоду. Крім того, високий вміст піску великої дисперсності може обумовлювати екранування окремих зерен цементу, а отже, перешкоджати кристалізаційному зрощуванню гідратних фаз. Все це призводить до дуже повільного монотонного наростання міцності і відповідної поведінки електричного опору в'язучого такого складу.

Висновки

Проведено аналіз кінетики електропровідності твердіючого в'язучого, що містить тонкомелений наповнювач, а також її зіставлення з існуючими уявленнями про формування структури цементних систем. Показано, що на процеси структуроутворення істотно впливає ефект зниження істинного водоцементного відношення за наявності тонкомеленого наповнювача, який разом з його концентрацією та співвідношенням розмірів зерен наповнювача і цементу багато в чому визначає специфіку процесів структуроутворення в'язучих, будучи одним з основних механізмів поліпшення їхньої структури.

Список літератури

1. Мчедлов-Петросян, О.П. Химия неорганических строительных материалов / О.П. Мчедлов-Петросян. – М.: Стройиздат, 1988. – 304 с.
2. Levita, G., Marchetti, A., Gallone, G., Princigallo, A., & Guerrini, G. L. (2000). Electrical properties of fluidified Portland cement mixes in the early stage of hydration // *Cem. and Concr. Res.*, 30(6), 923 – 930.
3. Salem, Th. M. (2002). Electrical conductivity and rheological properties of ordinary Portland cement-silica fume and calcium hydroxide-silica fume pastes // *Cem. and Concr. Res.*, 32(9), 1473 – 1481.
4. Topçu, İ.B., Uygunoğlu, T., & Hocaoğlu, İ. (2012). Electrical conductivity of setting cement paste with different mineral admixtures // *Constr. and Build. Mater.*, 28(1), 414 – 420.

5. Краснянский, Г.Е. Электрофизические исследования формирования структуры твердеющих цементных систем / Г.Е. Краснянский, И.А. Азнаурян, В.Е. Дугинов, Г.В. Кучерова // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2014. – Вип. 51. – С. 261 – 267.
6. Краснянский, Г.Е. Методика электрофизических исследований бетона на ранних стадиях твердения / Г.Е. Краснянский, И.А. Азнаурян, Г.В. Кучерова // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2013. – Вип. 50. – С. 310 – 315.
7. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение / В. Рамачандран, Р. Фельдман, Дж. Бодуэн. – М.: Стройиздат, 1986. – 278 с.
8. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
9. Твердение минеральных вяжущих веществ / А.Ф. Полак, В.В. Бабков, Е.П. Андреева. – Уфа: Башк. кн. изд-во, 1990. – 216 с.
10. Дворкин, Л.И. Строительные минеральные вяжущие материалы / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 544 с.
11. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества / А.В. Волженский. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.
12. McCarter, W. J. (1995). Effects of temperature on conduction and polarization in portland cement mortar // J. Amer. Ceram. Soc., 78(2), 411 – 415.
13. Кляпченко, В.І. Управління структурою цементного каменя з тонкомеленими мінеральними добавками / В.І. Кляпченко, Г.Ю. Краснянський, І.О. Азнаурян, І.О. Кузнецова // Управління розвитком складних систем. – 2019. – №38. – С. 200 – 204, dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788729.
14. Lei Wei, Guo. (1997). Microstructure and flon behavior of fresh cement paste / Guo Lei Wei, L.J. Struble // J. Amer. Ceram. Soc., 80(8), 2021 – 2028.
15. Структурообразование и разрушение цементных бетонов / В.В. Бабков, В.Н. Мохов, С.М. Капитонов, П.Г. Комохов. – Уфа: ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2002. – 376 с.

Стаття надійшла до редколегії 10.02.2020

Krasnyansky Grigory

PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics, orcid.org/0000-0002-2421-1270
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Klapchenko Vasyl

PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics, orcid.org/0000-0002-4093-5500
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Aznauryan Irina

Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics, orcid.org/0000-0002-7085-7291
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Kuznetsova Irina

Assistant of the Department of Physics, orcid.org/0000-0003-1800-1733
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

THE MECHANISMS OF INFLUENCE OF A FINELY GROUND FILLER ON THE FORMATION OF CEMENT BINDER STRUCTURE

Abstract. Comprehensive information on the processes occurring at certain stages of hardening is required to control the structure formation of concrete in order to obtain materials with optimal properties. During hydration of filled binders, spontaneous dispersion of cement particles in water and subsequent structure formation, significant changes in the concentration and mobility of ions dissociated during hardening occur, as well as changes in the properties and composition of the liquid phase. As a result of this, studies of the electrical conductivity of setting cement systems make it possible to fairly accurately assess the processes occurring in them, to determine the time intervals of the corresponding stages of structure formation. This method is sensitive to changes in the water-binder ratio, the concentration and dispersion of the filler, the temperature of the mixture, and other factors that affect the setting rate. In this work, it was used to obtain additional information on the mechanisms of the cement stone structure formation, in particular, on the role of the true water-cement ratio when a finely ground filler is introduced into the binder. The objects of study were hardening cement-sand samples at various concentrations of filler ($c = m_b/m_c = 60\%, 120\%$) and grain size ratios ($R_b/R_c = 1:3, 1:1, 3:1$) during the first five hours after mixing, when phase transformations occur most intensively. The established features of the resistance kinetics are explained on the basis of existing conceptions of the binders structure formation. It is shown that the processes of structure formation are significantly affected by the effect of reducing the true water-cement ratio in the presence of a finely ground filler, which, together with its concentration and grain size ratio of the filler and cement, largely determines the specificity of the processes of binders structure formation, being one of the main mechanisms for improving their structure.

Keywords: cement binder; finely ground fillers; conductivity kinetics; structure formation

References

1. Mchedlov-Petrosyan, O.P. (1988). *Chemistry of inorganic building materials*. Moscow, Russia: Stroyizdat, 304.
2. Levita, G., Marchetti, A., Gallone, G., Princigallo, A. & Guerrini, G.L. (2000). *Electrical properties of fluidified Portland cement mixes in the early stage of hydration*. *Cem. and Concr. Res.*, 30(6), 923–930.
3. Salem, Th. M. (2002). *Electrical conductivity and rheological properties of ordinary Portland cement-silica fume and calcium hydroxide-silica fume pastes*. *Cem. and Concr. Res.*, 32(9), 1473–1481.
4. Topçu, İ.B., Uygunoğlu, T. & Hocaoğlu, İ. (2012). *Electrical conductivity of setting cement paste with different mineral admixtures*. *Constr. and Build. Mater.*, 28(1), 414 – 420.
5. Krasnyansky, G.E., Aznauryan, I.A., Duginov, V.E. & Kucherova, G.V. (2014). *Electrophysical studies of the formation of the structure of hardening cement systems*. *Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya: Naukovo-tech. zbirnik*. Kyiv: KNUBA, 51, 261–267 [in Russian].
6. Krasnyansky, G.E., Aznauryan, I.A. & Kucherova, G.V. (2013). *Methods of electrophysical research of concrete in the early stages of hardening*. *Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya: Naukovo-tech. zbirnik*. Kyiv: KNUBA, 50, 310–315 [in Russian].
7. Ramachandran, V., Feldman, R. & Baudouin, J. (1986). *The science of concrete: Physico-chemical concrete science*. Moscow, Russia: Stroyizdat, 278.
8. Akhverdov, I.N. (1981). *Fundamentals of concrete physics*. Moscow, Russia: Stroyizdat, 464.
9. Polak, A.F., Babkov, V.V. & Andreeva, E.P. (1990). *Hardening of mineral binders*. Ufa, Russia: Bashk. Book Publishing House, 216.
10. Dvorkin, L.I. & Dvorkin, O.L. (2011). *Building mineral binders*. Moscow, Russia: Infra-Engineering, 544.
11. Volzhensky, A.V. (1986). *Mineral binders*. Moscow, Russia: Stroyizdat, 464.
12. McCarter, W.J. (1995). *Effects of temperature on conduction and polarization in portland cement mortar*. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 78(2), 411–415.
13. Klapchenko, Vasily, Krasnyansky, Grigory, Aznauryan, Irina & Kuznetsova, Irina. (2019). *Controlling of Structure of the Cement Stone with Finely Ground Mineral Additives*. *Management of Development of Complex Systems*, 38, 200–204, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788729](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788729).
14. Lei Wei, G. & Struble, L.J. (1997). *Microstructure and flon behavior of fresh cement paste*. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 80(8), 2021–2028.
15. Babkov, V.V., Mokhov, V.N., Kapitonov, S.M. & Komokhov, P.G. (2002). *Structuring and destruction of cement concrete*. Ufa, Russia: State Unitary Enterprise “Ufa Printing Plant”, 376.

Посилання на публікацію

- APA Krasnyansky, Grigory, Klapchenko, Vasyl, Aznauryan, Irina & Kuznetsova, Irina, (2020). *The Mechanisms of Influence of a Finely Ground Filler on the Formation of Cement Binder Structure*. *Management of Development of Complex Systems*, 41, 181 – 186; [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.41.181-186](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.41.181-186).
- ДСТУ Краснянський, Г.Ю. Механізми впливу тонкомеленого наповнювача на формування структури цементного в'язучого [Текст] / Г.Ю. Краснянський, В.І. Клапченко, І.О. Азнаурян, І.О. Кузнецова // Управління розвитком складних систем. – 2020. – № 41. – С. 181 – 186, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.41.181-186](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.41.181-186).