

Наведено результати дослідження властивостей пінобетонів, які являють собою композицію з порландцементу, дрібного заповнювача, піноутворювача й поверхнево-активних речовин, що утворюють міцели, призначених для створення теплоізоляційних і конструкційно-теплоізоляційних виробів. Визначена здатність поверхнево-активних речовин, які утворюють міцели, підвищувати міцність означеного бетону

Ключові слова: ніздрюватий бетон, міцність, поверхнево-активні речовини, мицеллярний катализ, цемент, піна, кінетика

Приведены результаты исследования свойств пористых бетонов, которые представляют собой композицию из порландцемента, мелко-го заполнителя, пенообразователя и мицеллообразующих поверхностно-активных веществ, предназначенных для создания теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных изделий. Установлена способность мицеллообразующих поверхностно-активных веществ повышать прочность указанного бетона

Ключевые слова: пористый бетон, прочность, поверхностно-активные вещества, мицеллярный катализ, цемент, пена, кинетика

УДК 666.948 : 666.972.112

DOI: 10.15587/1729-4061.2016.63706

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОВЕРХНЕВО- АКТИВНИХ РЕЧОВИН, ЩО УТВОРЮЮТЬ МІЦЕЛИ, НА МІЦНІСТЬ НІЗДРЮВАТОГО РЕАКЦІЙНОГО ПОРОШКОВОГО БЕТОНУ

О. О. Шишкіна

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра технології будівельних виробів,
матеріалів і конструкцій
Криворізький національний університет
вул. XXII-го партз'їзду, 11,
м. Кривий Ріг, Україна, 50027
E-mail: 5691180@gmail.com

1. Вступ

На будівельні конструкції промислових будинків і споруд, зокрема, гірничо-металургійного комплексу, особливо розташованих поблизу теплових апаратів, впливає навколишнє середовище, змінюючи фізико-механічні властивості матеріалів, з яких виготовлені ці конструкції, і як наслідок, змінює їхню довговічність. Це приводить до необхідності передбачати, при реконструкції будинків і споруд, заходи щодо підвищення їх довговічності шляхом зниження температурного впливу навколишнього середовища на конструкції.

Крім того, одним з найважливіших факторів, які визначають вартість експлуатації будинків і споруд, є величина витрат на підтримку в них необхідного температурного режиму. За роки експлуатації конструкції існуючих будинків і споруд зазнали багаторазового впливу навколишнього середовища, що знизило експлуатаційні властивості матеріалів, з яких виготовлені будівельні конструкції. У більшості, будівельні конструкції існуючих житлових будинків і інших споруд уже не відповідають сучасним вимогам за теплопровідністю й вимагають виконання конструктивних заходів щодо її зменшення.

Одними з ефективних матеріалів для захисту від теплових впливів навколишнього середовища, які мають низьку теплопровідність, є легкі й ніздрюваті бетони. Однак відомі ніздрюваті бетони мають підви-

щені вологісні деформації (набрякання й усадки) та водопоглинання і, що особливо важливо, недостатню міцність при стиску, що обмежує їх застосування.

Ніздрюваті бетони широко застосовуються для виробництва зовнішніх огорожуючих конструкцій, частка яких становить 45–60 % об'єму будівельних конструкцій будинку. Використання високоміцних ніздрюватих бетонів відкриває можливість зведення ефективних, з енергетичної точки зору, будинків і споруд.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Основа сучасної технології бетону будь-якого виду, як щільного, так і ніздрюватого, становить синтез високоякісного цементного каменю, який відрізняється високою дисперсністю складових і новотворів, малою дефектністю й стійкістю структури, у тому числі за рахунок зменшення її перетворення в процесі існування. На основі означеного цементного каменя можуть створюватися всілякі якісні бетони шляхом уведення в його структуру додаткових складових таких як зола винесення [1], мікрокремнезему [2] та її модифікації [3].

Зокрема, при одержанні пінобетонів, основними «вкрапленнями» у структуру бетону є повітряні пори [4], які, приводячи до зменшення щільності бетону і його теплопровідності, обумовлюють зниження його

міцності (у першу чергу при стиску), не дозволяючи віднести даний бетон до конструктивних.

Очевидно, що основним шляхом підвищення міцності пористих бетонів є підвищення їхньої міцності в перегородках між порожнинами. Цю задачу можна розв'язати застосуванням високоміцних бетонів. Найбільш прийнятними, у цьому випадку, є так звані реакційні порошкові бетони – Reactive powder concretes (RPC). Дані бетони одержують на основі суміші в'язучої речовини, у якості якої можуть застосовуватися портландцемент, шлаколушне, шлакошламове або гіпсоцементне в'язуче, мікронаповнювача, у якості якого можуть застосовуватися доменні шлаки [5], відходи збагачення залізних руд [6], мікрокремнезем [2], зола-віднесення [1] та ін.

Для отримання, як важких бетонів [7], так і ніздрюватих реакційних порошкових [8], доцільніше не використання в'язучих речовин високих марок, а застосування нанотехнологій [9], зокрема, міцелярного каталізу, як їхньої складової [10].

У випадку створення ніздрюватого бетону шляхом використання пін – пінобетону, при застосуванні міцелярного каталізу, у бетоні одночасно будуть знаходитися піноутворювач, який являє собою молекулярну поверхнево-активну речовину (ПАР), а також ПАР, що утворює міцели (МПАР). Однак взаємний вплив означених ПАР у системі твердіючого бетону до цього часу не відомий і потребує проведення певних досліджень. Результати досліджень одночасного введення в бетон МПАР одночасно з дуже слабкими ПАР висвітлені лише в роботі [11]. Але у цій роботі виконано дослідження для важкого бетону. Тому вивчення одночасного введення різного виду ПАР, як МПАР, так і звичайних молекулярних, до складу ніздрюватих бетонів, достатньо актуально.

Наведені вище дані послужили основою наукової гіпотези, яка полягає в наступному: для керування процесами структуроутворення ніздрюватих бетонів, у яких пориста структура утворюється за рахунок застосування пін, доцільно застосування міцелярного каталізу. Даний вид бетонів практично повністю підпадає під класифікацію як Reactive powder concretes (RPC), тобто ці бетони є ніздрюватими Reactive powder concretes.

3. Мета і завдання досліджень

Проведений аналіз літературних даних дозволив поставити перед собою ціль визначити вплив на швидкість формування й величину міцності ніздрюватих RPC поверхнево-активних речовин, що утворюють міцели.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

- визначити вплив поверхнево-активних речовин, що утворюють міцели, та звичайних поверхнево-активних речовин, які застосовують у якості піноутворювача, на міцність ніздрюватих порошкових реакційних бетонів;

- визначити вплив кількості поверхнево-активних речовин, що утворюють міцели, у ніздрюватому реакційному порошковому бетоні на його міцність при стиску.

4. Матеріали та методи дослідження впливу МПАР на швидкість формування міцності реакційного порошкового бетону

4. 1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувались в експерименті

Для виготовлення бетону використовували портландцемент ПЦ ІІ/Б–Ш–400, виробництва ПАТ «Хайдельберг цемент. Кривий Ріг» (Україна), у якості дрібного заповнювача – відходи збагачення залізних руд Центрального гірничозбагачувального комбінату (Кривий Ріг, Україна), які мають максимальний розмір часток 0,63 мм. У якості міцелують ПАР (МПАР) застосовували олеат натрію (Simagchem Corp., Китай), у якості ПАР для утворення пін – піноутворювач ПО 2.

Сухі компоненти бетонної суміші дозувалися в кількості, розрахованої згідно із планом експерименту, і перемішувалися в лабораторному змішувачі впродовж 1 хв. Потім до означеної суміші додавали воду з розчиною в ній МПАР і перемішували ще в лабораторному змішувачі на 2 хвилини. Кількість води в даному випадку складала 30 % від розрахованої на заданий об'єм пінобетону. У залишок води (70 % від розрахованої на заданий об'єм пінобетону) додавали піноутворювач і в піногенераторі отримували піну, яку потім змішували з попередньо отриманою сумішшю цементу, наповнювача та води з МПАР.

Отриману пінобетонну суміш укладали в металеву форму-куб, що має розмір сторін 15 см. Відформовані в такий спосіб зразки бетону тверділи впродовж 28 діб при вологості навколишнього середовища $70 \pm 10\%$ і температурі навколишнього повітря 293 ± 2 К.

4. 2. Методика визначення показників властивостей зразків

Опосередковану оцінку впливу ПАР на кінетику твердіння цементу здійснювали за результатами визначення термінів тужавлення на приладі Віка при водоцементному співвідношенні (В/Ц) 0,26, фіксуючи в часі глибину занурення у цементне тісто голки приладу.

За основний показник, що характеризував кінетику твердіння цементу після його тужавлення, була прийнята міцність при стиску реакційного порошкового пінобетону. Склад бетону був прийнятий постійним у всіх дослідженнях зі співвідношенням цемент/дрібний заповнювач = 1/0,5. У дослідях змінювали кількість, як ПАР, так і МПАР. Визначення величини межі міцності при стиску зразків проводилося у відповідності до стандартних методик. Контроль міцності зразків робили на універсальній машині УММ–100.

5. Результати дослідження показників властивостей бетонних зразків

Результати визначення термінів тужавлення цементного тіста (В/Ц 0,26) в залежності від кількості й виду поверхнево-активних речовин приведено в табл. 1.

У наслідку проведення досліджень було встановлено, що введення до складу реакційних порошкових бетонів (RPC) ПАР призводить до зменшення міцності бетону (рис. 1).

Таблиця 1

Вплив поверхнево-активних речовин на терміни тужавлення цементного тіста

№	Вид і кількість поверхнево-активних речовин, 10 ⁵ %		Терміни тужавлення, год.-хв.	
	МПАР	ПАР	початок	кінець
1	–	–	2–15	4–48
2	40	–	2–18	4–32
3	–	10	2–32	4–53
4	40	10	2–32	4–50

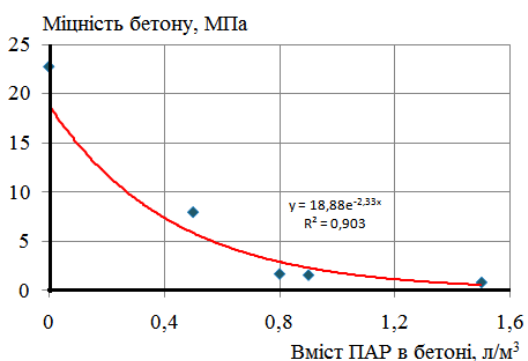


Рис. 1. Вплив ПАР на міцність RPC

У процесі виконаних експериментів встановлено, що введення в досліджувану систему реакційного порошкового пінобетону міцелоутворюючої МПАР призводить до різкого збільшення міцності одержаного бетону, як у віці 3 діб (рис. 2), так і у віці 28 діб (рис. 3–6).

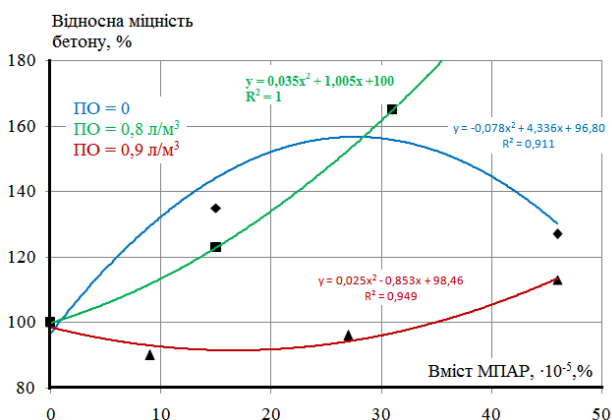


Рис. 2. Відносна міцність RPC у віці 3 діб

Одночасно досліджувалася кінетика зміни міцності досліджуваного бетону в залежності від вмісту в його складі МПАР (рис. 7–9).

Таким чином, у процесі виконання дослідження показників властивостей бетонних зразків встановлена міцність бетону у різному віці, а також кінетика формування міцності.

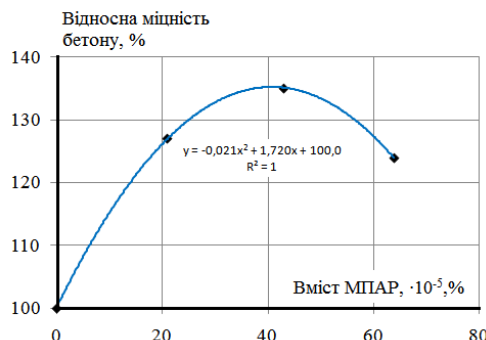


Рис. 3. Відносна міцність RPC без ПАР у віці 28 діб

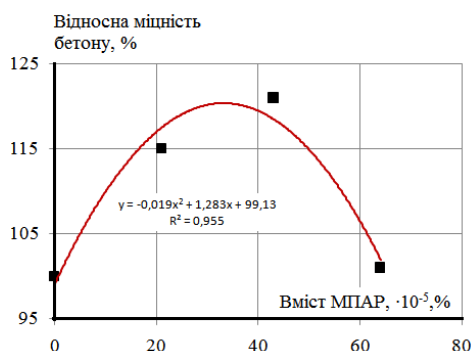


Рис. 4. Відносна міцність RPC при вмісті ПАР 0,5 л/м³ у віці 28 діб

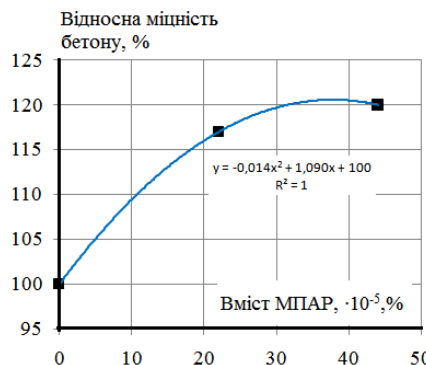


Рис. 5. Відносна міцність RPC при вмісті ПАР 0,8 л/м³ у віці 28 діб

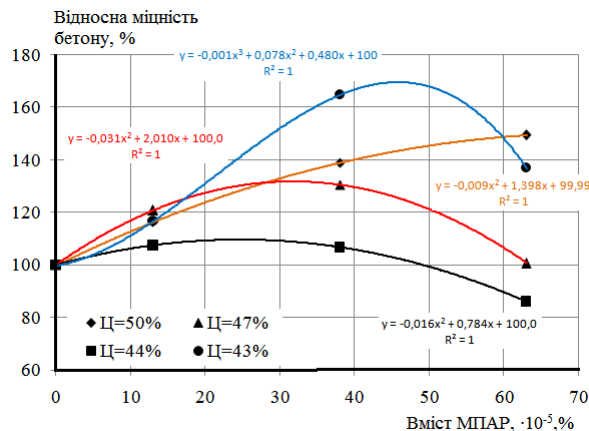


Рис. 6. Відносна міцність RPC при вмісті ПАР 0,9 л/м³ у віці 28 діб: Ц — вміст цементу в бетоні

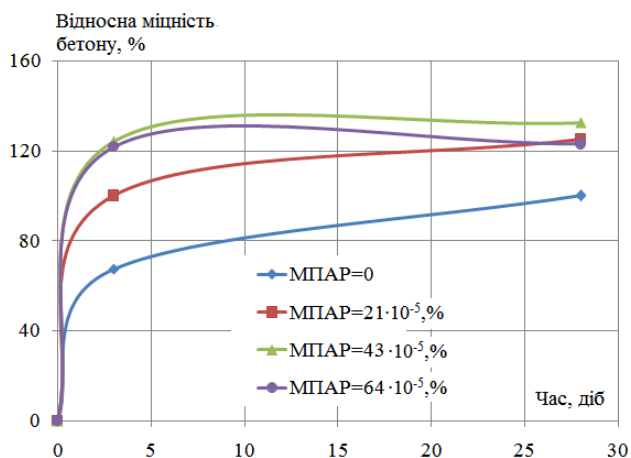


Рис. 7. Кінетика формування міцності RPC без ПАР до віку у 28 діб

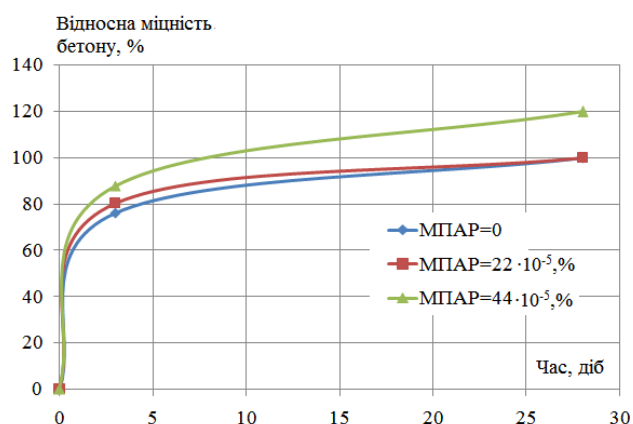


Рис. 8. Кінетика формування міцності RPC з ПАР у кількості 0,8 л/м³ до віку у 28 діб

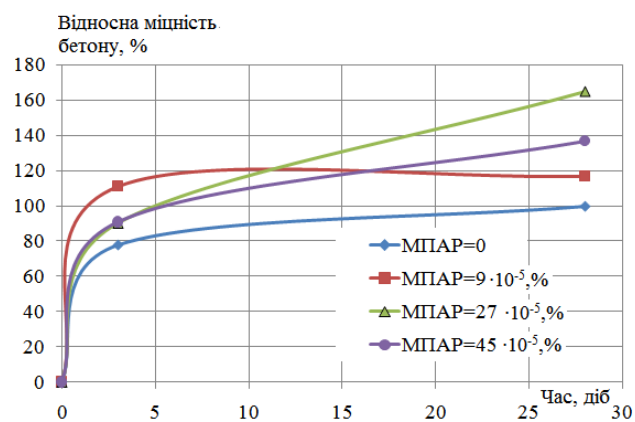


Рис. 9. Кінетика формування міцності RPC з ПАР у кількості 0,9 л/м³ до віку у 28 діб

6. Обговорення результатів досліджень впливу міцел поверхнево-активних речовин на міцність реакційних порошкових бетонів

З визначення ефективності поверхнево-активної речовини на процес тужавлення цементу, як витікає

з отриманих результатів (табл. 1), встановлено, що молекулярні ПАР, які використовуються у якості піноутворювачів в бетоні, гальмують процеси гідратації цементу. Цей процес є закономірним для даного виду ПАР [6–8]. У той же час, введення до складу бетону міцелують ПАР (МПАР) практично не призводить до зміни термінів тужавлення цементу (табл. 1). Вочевидь такий ступінь впливу МПАР обумовлюється їх малою кількістю.

Отримані дані щодо впливу комплексу поверхнево-активних речовин на процес тужавлення цементу, дозволяють стверджувати наступне: на перших стадіях тужавлення цементу в пінобетоні, МПАР практично не впливає на швидкість реакцій. Це підтверджує результати попередніх досліджень [11] для щільних бетонів.

Результати визначення механічної міцності зразків пінобетону на ранніх стадіях твердіння (у віці 3 доби) (рис. 2) вказують на те, що збільшення концентрації в бетоні МПАР призводить до збільшення його міцності. При досягненні МПАР певної концентрації в системі спостерігається максимальна міцність, яка залежно від його складу бетону в цьому випадку становить 120–250 % міцності бетону без добавок.

При цьому відзначається наявність оптимального вмісту МПАР у кількості близько 0,0004 % від маси цементу, яка забезпечує формування максимальної міцності системи тільки для бетонів без піноутворювача, тобто для важких бетонів, що підтверджує результати, отримані в роботі [11]. Збільшення міцності бетону, як показника ступеня протікання реакцій гідратації мінералів цементу, при зазначеному незначному вмісті МПАР, свідчить про каталітичний характер їхньої дії.

Для пінобетонів для підвищення їх міцності потрібна значно більша кількість МПАР ніж для щільних бетонів (рис. 2), що пояснюється впливом піноутворювача, який гальмує реакції гідратації цементу.

У більш пізньому віці (28 діб) (рис. 3–6) спостерігається інша картина впливу МПАР на міцність пінобетону. У цьому віці приріст міцності бетону складає від 20 до 70 % і залежить від кількості піноутворювача.

Аналіз одночасного впливу ПАР різного виду (молекулярних і міцелярних) (рис. 10) дозволяє зробити висновок, що в пінобетон потрібно вводити підвищену кількість піноутворювача в порівнянні із бетонами в яких не використовуються МПАР. Це призводить до значного збільшення приросту міцності бетону. Вочевидь означене явище можна пояснити тим, що в даному випадку частина піноутворювача витрачається на утворення піни, а інша частина входить до міцел МПАР та сприяє підвищенню рівня гідратації цементу, згідно загальних закономірностей міцелярного каталізу [11].

У досліджуваному випадку найбільший приріст міцності пінобетону досягається при вмісті піноутворювача в бетоні не менше 0,9 л/м³ та міцелують речовини в межах від 0,0004 % до 0,0007 % від маси цементу.

Не менший вплив на оптимальну кількість міцелують речовини в пінобетоні та її ефективність в сенсі ступеню підвищення міцності пінобетону здійснює й кількість цементу в пінобетоні (рис. 11).

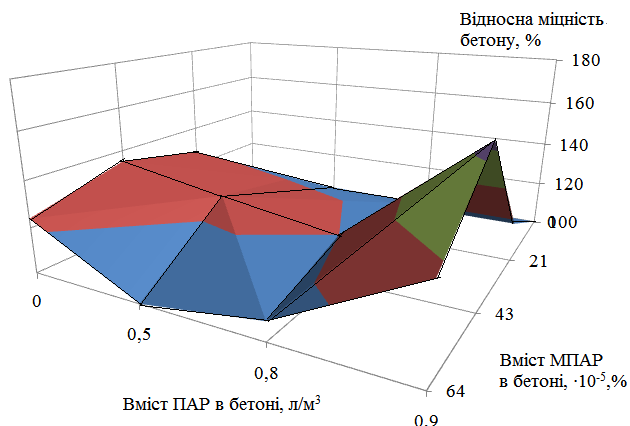


Рис. 10. Вплив ПАР різного виду на міцність пінобетону

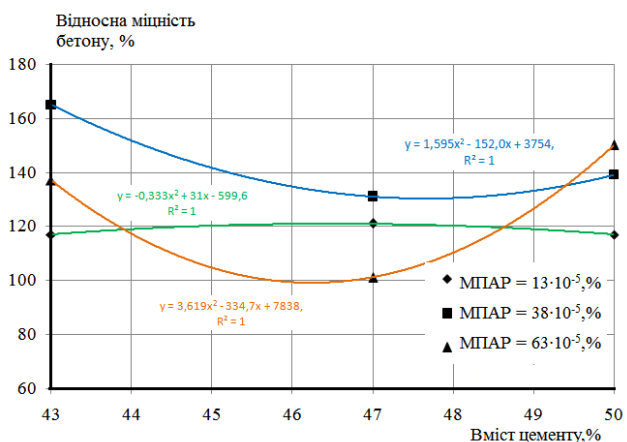


Рис. 11. Вплив вмісту цементу в бетоні на відносну міцність

При вмісті МПАР у пінобетоні більше за 0,00013 % від маси цементу, спостерігається явище збільшення приросту міцності пінобетону, як при зменшенні вмісту цементу від 47 %, так і при збільшенні його витрати відносно означеної величини (рис. 11).

Тобто ефективність застосування міцелотворюючої поверхнево-активної речовини найбільша при застосуванні її для отримання щільних бетонів та пінобетонів малої щільності (вміст цементу 22–40 %) або пінобетонів із достатньо великою витратою цементу (більше 50 %).

7. Висновки

1. Установлено, що відносна міцність при стиску реакційних порошкових пінобетонів, при введенні до їхнього складу міцелярного розчину, який складається з поверхнево-активних речовин, що утворюють міцели, досягає 120–250 % міцності бетону аналогічного складу, отриманого без застосування міцелярного розчину. Найбільший приріст міцності бетону спостерігається на ранніх стадіях твердіння (у віці 3 доби). Даний процес відбувається за рахунок протікання процесів, що підпорядковуються закономірностям міцелярного каталізу.

2. Доведено, що величина міцності при стиску реакційного порошкового пінобетону залежить від вмісту в ньому міцелярного розчину, який складається із поверхнево-активних речовин, що утворюють міцели, та звичайних поверхнево-активних речовин, які утворюють піну, в складі цього бетону. При цьому оптимальний вміст означеного міцелярного розчину коливається в межах від 0,00030 % до 0,00070 %.

Література

- Termkhajornkit, P. Effect of fly ash on autogenous shrinkage [Text] / P. Termkhajornkit, T. Nawa, M. Nakai, T. Saito // Cement and Concrete Research. – 2005. – Vol. 35, Issue 3. – P. 473–482. doi: 10.1016/j.cemconres.2004.07.010
- Yang, Y. Autogenous shrinkage of high-strength concrete containing silica fume under drying at early ages [Text] / Y. Yang, R. Sato, K. Kawai // Cement and Concrete Research. – 2005. – Vol. 35, Issue 3. – P. 449–456. doi: 10.1016/j.cemconres.2004.06.006
- Shishkin, A. Low-shrinkage alcohol cement concrete [Text] / A. Shishkin, A. Shishkina, N. Vatin // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 633-634. – P. 917–921. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.633-634.917
- Меркин, А. П. Особенности структуры и основы технологии получения эффективных пенобетонных материалов [Текст] / А. П. Меркин, Т. Е. Кобидзе // Строительные материалы. – 1988. – № 3. – С. 16–18.
- Swamy, R. N. Role of Superplasticizers and Slag for Producing High Performance Concrete [Text] / R. N. Swamy, M. Sakai, N. Nakamura // The Fourth CANMET/ACI International Conf. on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete: ACI SP-148-1. – Proceedings. Detroit (USA), 2006. – P. 1–26.
- Шишкин, А. А. Щелочные реакционные порошковые бетоны [Текст] / А. А. Шишкин // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 2 (17). – С. 56–65.
- Тевяшев, А. Д. О возможности управления свойствами цементобетонов с помощью наномодификаторов [Текст] / А. Д. Тевяшев, Е. С. Шитиков // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Т. 4, № 7 (40). – С. 35–40. – Режим доступа: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/22048/19660>
- Шишкина, А. А. Пористые реакционные порошковые бетоны [Текст] / А. А. Шишкина // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014 – № 7 (23). – С. 128–135.
- Стрижак, П. Є. Сучасні проблеми нанокаталізу [Текст] / П. Є. Стрижак // Вісник НАН України. – 2014. – № 7. – С. 16–24.
- Березин, И. В. Физико-химические основы мицеллярного катализа [Текст] / И. В. Березин, К. Мартинок, А. К. Яцимирский // Успехи химии. – 1973. – Т. XLV, № 10. – С. 1729–1756. doi: 10.1070/rc1973v042n10abeh002744
- Шишкина, О. О. Дослідження впливу нанокаталізу на формування міцності реакційного порошкового бетону [Текст] / О. О. Шишкина, О. О. Шишкін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2016. – Т. 1, № 6 (79). – С. 55–60. doi: 10.15587/1729-4061.2016.58718