



Кугаєвська Т.С.



Сопов В.П.



Шульгін В.В.

Кугаєвська Т. С., кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

моб. 099-1418234; e-mail: strelanebo@ukr.net

Сопов В. П., доктор технічних наук, професор, Завідувач кафедри фізико-хімічної механіки та технології будівельних матеріалів і виробів Харківський національний університет будівництва та архітектури

моб. 066-6319772; e-mail: vsopov@ukr.net

Шульгін В. В., кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

моб. 093-4152315; e-mail: shwlad17@gmail.com

T. Kugaevska, Cand. Sci. (Tech), Associate Professor of the department of heat and gas supply, ventilation and heat engineering

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

mob. 066-6319772; e-mail: strelanebo@ukr.net

V. Sopov, Dr Sci. (Tech), Professor, Head of Department of physical-chemical mechanics and technology of building materials and products

mob. 097-2867946; E-mail: vsopov@ukr.net

V. Shulgin, Cand. Sci. (Tech), Associate Professor of technology of building structures, products and materials

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

mob. 093-4152315; e-mail: shwlad17@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ПЛИТ БЕТОННИХ ТРОТУАРНИХ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ПЛИТ БЕТОННЫХ ТРОТУАРНЫХ

SOLAR ENERGY EFFICIENCY FOR THERMAL PROCESSING OF TILES OF CONCRETE

Анотація. Здійснено теплову обробку гідроізольованих плит бетонних тротуарних та гідроізольованих бетонних кубів з використанням теплоти гідратації цементу та повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії власної конструкції. Зазначено, що: під час проведення першого досліду нагріте в колекторі сонячної енергії повітря циркулювало в установці 2 год, а під час проведення другого досліду – 3 год, надалі відбувалося термосне твердіння бетону; загальна тривалість твердіння бетону в камері – 24 год. Установлено співвідношення між міцністю бетону на стиск, твердіння якого впродовж першої доби відбувалося в тепловій камері (потім – у повітряних умовах), та міцністю бетону на стиск при його твердінні тільки в повітряних умовах (у віці 1, 3, 7, 14 та 28 діб).

Ключові слова: тепла обробка, бетон, колектор сонячної енергії, теплота гідратації цементу.

Аннотация. Осуществлено тепловую обработку гидроизолированных плит бетонных тротуарных и гидроизолированных бетонных кубов с использованием теплоты гидратации цемента и воздуха, нагретого в коллекторе солнечной энергии собственной конструкции. Указано, что: во время проведения первого исследования нагретый в коллекторе воздух циркулировал в установке 2 часа, а во время проведения второго исследования – 3 часа, потом происходило термосное твердение бетона; общая продолжительность твердения бетона в камере – 24 часа. Установлено соотношение между прочностью на сжатие бетона, твердение которого происходило первые сутки в теплой камере (потом – в воздушных условиях), и прочностью на сжатие бетона при его твердении только в воздушных условиях (в возрасте 1, 3, 7, 14 и 28 суток).

Ключевые слова: тепловая обработка, бетон, солнечная энергия, теплота гидратации цемента.

Abstract. Heat treatment of waterproof tiles of concrete pavement and concrete cubes with the use of air heated in a solar collector of own design and heat of hydration of cement has been carried out. It is noted that: during the first experiment heated in the collector of solar energy, the air circulated in the installation for 2 hours, while during the second experiment – 3 hours, further thermosetting of concrete was carried out; total duration of concrete hardening in the chamber – 24 hours. The relationship between the strength of concrete on compression, the hardening of which occurred during the first day in a thermal chamber (then - in air conditions), and the strength of concrete on compression during hardening only in air conditions (at the age of 1, 3, 7, 14 and 28 days).

Keywords: heat treatment, concrete, solar energy, heat of hydration of cement.

Вступ. Тепловологісна та теплова обробка бетонних і залізобетонних виробів є енергомістким процесом. Використання сонячної енергії для прискорення твердіння цих виробів надає можливість заощаджувати відповідні енергоресурси.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. За майже столітній період пропонуються різні способи геліотермообробки бетонних і залізобетонних виробів [1–13].

Одним із розповсюджених способів використання сонячної енергії при тепловій обробці бетону є використання світлопрозорих покриттів [1,2,4,8].

І.Б. Заседателевим і Н.Т. Даужановим показано [2, 4], що застосування м'яких режимів підйому температури тверднучого в геліоформах бетону призводить до значного зменшення градієнтів температури по перерізу виробу, що покращує структуру бетону.

Процес надходження сонячної енергії – нестационарний. Цей фактор обумовив створення низки комбінованих способів геліотермообробки бетонних і залізобетонних виробів [1–13].

Так, у патенті [11] Л. Б. Аруовою із співавторами показано схему установки (до складу якої входить геліокамера), призначеної для цілорічної комбінованої теплової обробки конструкцій і виробів з різних видів бетонів. У хмарні дні та в зимовий період року передбачено їх електрообігрівання ТЕНами.

Особливості геліотермообробки бетонних і залізобетонних виробів з проміжним теплоносієм в умовах закритих цехів (із застосуванням дублюючого джерела теплоти) відображено, зокрема, в книгах [4, 12].

І.В. Коц, І.Н. Дудар та О.П. Колісник запропонували за сприятливих погодних умов нагрівати в сонячному колекторі воду і використовувати її в установці з аеродинамічним нагрівачем роторного типу для теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів [9].

В.Л. Гарнага і С.В. Яківчук у патенті [10] відображають пакетну установку для термосилової обробки бетонних і залізобетонних виробів, у якій використовується сонячна енергія як додаткове джерело теплоти.

У роботах [5–7] показано спосіб теплової обробки гідроізольованих бетонних і залізобетонних виробів з використанням теплоти гідратації цементу та повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії або в повітрянагрівачі.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. У публікаціях [5–7] наведено результати експериментальних досліджень кінетики набору міцності бетоном при тепловій обробці нагрітим повітрям гідроізольованих тротуарних плит і гідроізольованих зразків 10×10×10 см.

Визначення міцності бетону згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [14] потрібно здійснювати з використанням контрольних зразків. Але міцність бетону плит і зразків при досліджуваному способі їх теплової обробки може відрізнитися, оскільки є різними: модулі поверхонь плит і зразків; маса форм плит і зразків; теплофізичні властивості матеріалів цих форм і т. ін.

Постановка завдання. Мета досліджень:

- здійснити одночасно теплову обробку гідроізольованих плит бетонних тротуарних та гідроізольованих бетонних кубів у виробничо-лабораторній установці з використанням повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії;

- встановити співвідношення між міцністю на стиск бетону, твердіння якого впродовж першої доби відбувалося в тепловій камері (потім – у повітряних умовах), та міцністю на стиск бетону, твердіння якого відбувалося тільки в повітряних умовах, у віці 1, 3, 7, 14 та 28 діб.

Основний матеріал і результати. Досліджується теплова обробка гідроізольованих плит бетонних тротуарних та гідроізольованих бетонних кубів з використанням повітря, нагрітого в плоскому колекторі сонячної енергії власної конструкції.

Матеріали та методи дослідження

Послідовність проведення теплової обробки плит і кубів з використанням нагрітого повітря наступна:

1. Формуються плити і куби та завантажуються в теплову камеру, яка є складовою частиною виробничо-лабораторної установки (рис. 1).



Рис. 1. Виробничо-лабораторна установка

Під час завантаження камери здійснюється гідроізоляція плит і кубів та розміщення датчиків температури. Для гідроізоляції плит використано поліетиленову плівку, а для гідроізоляції кубів застосовано кришки (рис. 2).



Рис. 2. Гідроізоляція плит і кубів

2. Після закриття камери кришкою включається вентилятор.

Теплоносій (тепле повітря) циркулює в замкнутому контурі установки: нагрівається в колекторі сонячної енергії, потім надходить до камери, де віддає певну частину теплоти бетону, і знову потрапляє до колектора.

3. Після запланованої тривалості теплової обробки бетону нагрітим повітрям відбувається його термосне твердіння.

Теплова обробка плит і кубів за допомогою нагрітого повітря у відображених дослідах здійснювалася 2 год та 3 год.

Тривалість твердіння плит і кубів у камері – одна доба.

У камері на полицях було розміщено 24 плити (20×10×4 см) і 16 кубів (10×10×10 см). Форми для виготовлення кубів – спарені: в одній формі – два куба.

Вимірювання температур здійснено за допомогою термодатчиків. Також у дослідженнях використано тепловізор «Testo 875-2i».

Склад бетону: 1:1,85:3,45; Ц = 349,1 кг/м³; П = 646,8 кг/м³; Щ = 1205,3 кг/м³; В/Ц = 0,5. У складі бетону – комплексна добавка (суперпластифікатор + прискорювач твердіння). Дозування добавки прийнято з урахуванням рекомендацій виробника: 1 л добавки на 100 кг цементу. Використано портландцемент ПЦ І-500-Н (ДСТУ Б В.2.7-46:2010 [15]) виробник – АО «Євроцемент-Україна» (місто Балаклія Харківської області).

Результати досліджень

Дослід 1 (тривалість теплової обробки плит і кубів нагрітим повітрям – 2 год).

За допомогою датчиків температури з'ясовано, що: середня початкова температура бетону сформованих плит і кубів дорівнювала 18,8°C; середня температура бетону плит і кубів після припинення подачі повітря в камеру становила 30,9°C, а через 24 год знаходження в камері дорівнювала 26,7°C.

На рис. 3 відображено розподіл температури на поверхні колектора сонячної енергії (визначений за допомогою тепловізора) до початку проведення дослідів.

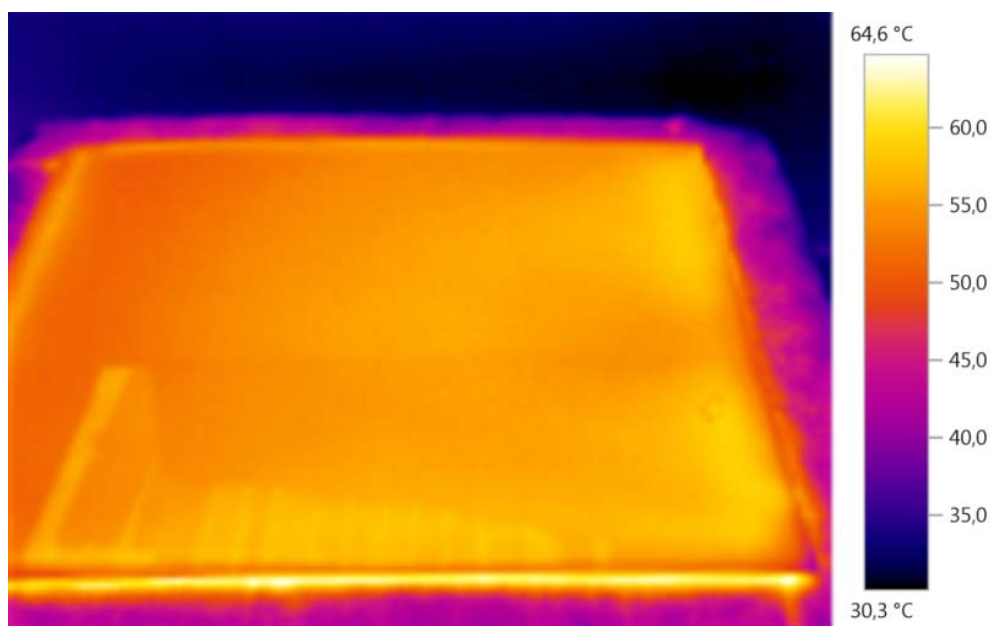


Рис. 3. Розподіл температури на поверхні колектора сонячної енергії до початку теплової обробки плит і кубів

На рис. 4 показано співвідношення між міцністю на стиск бетону, твердіння якого першу добу відбувалося в тепловій камері (потім – у повітряних умовах), та міцністю на стиск бетону, твердіння якого відбувалося в повітряних умовах.

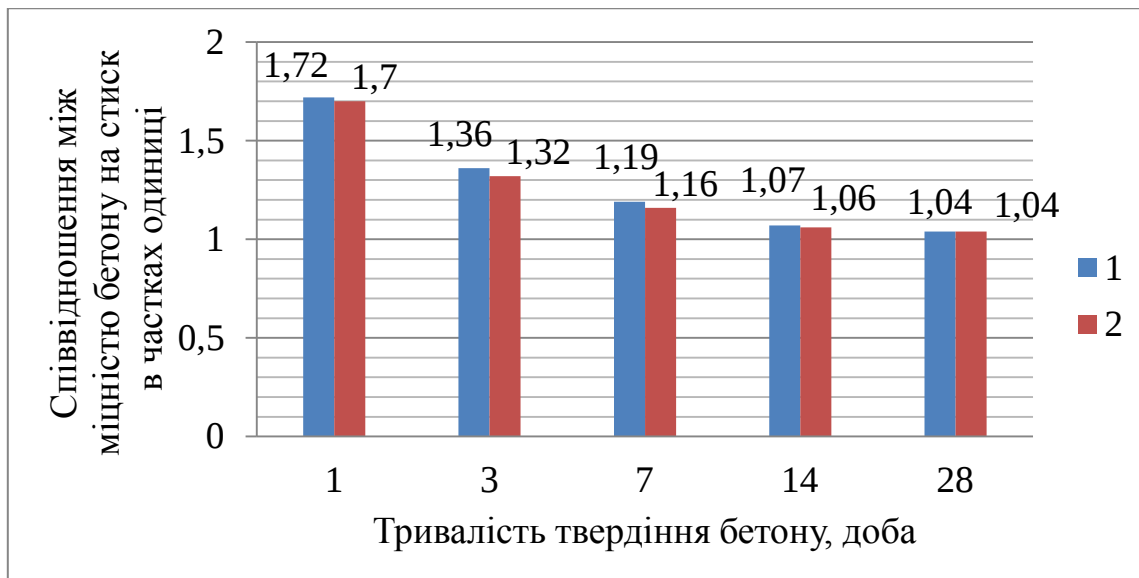


Рис. 4. Співвідношення між міцністю бетону на стиск при його твердінні із застосуванням теплової обробки та без теплової обробки (дослід 1):

1 – для плит; 2 – для кубів

Співвідношення між міцністю на стиск бетону плит, твердіння яких відбувалося першу добу в тепловій камері (потім – у повітряних умовах), та міцністю на стиск бетону плит, твердіння яких відбувалося в повітряних умовах:

- у віці 1 доби більше, ніж аналогічне співвідношення для кубів, на 1,2%, у віці 3 діб – на 2,9%;
- у віці 7 діб – на 2,5%; у віці 14 діб – на 0,9%; у віці 28 діб не відрізняється від аналогічного співвідношення для кубів.

Дослід 2 (тривалість теплової обробки плит і кубів нагрітим повітрям – 3 год).

За допомогою датчиків температури з'ясовано, що: середня початкова температура бетону плит і кубів дорівнювала 18,4°C; середня температура бетону плит і кубів після припинення подачі в камеру нагрітого повітря становила 34,8°C, а через 24 год знаходження в камері дорівнювала 28,2°C.

На рис. 5 показано співвідношення між міцністю на стиск бетону, твердіння якого першу добу відбувалося в тепловій камері (потім – у повітряних умовах), та міцністю на стиск бетону, твердіння якого відбувалося в повітряних умовах.

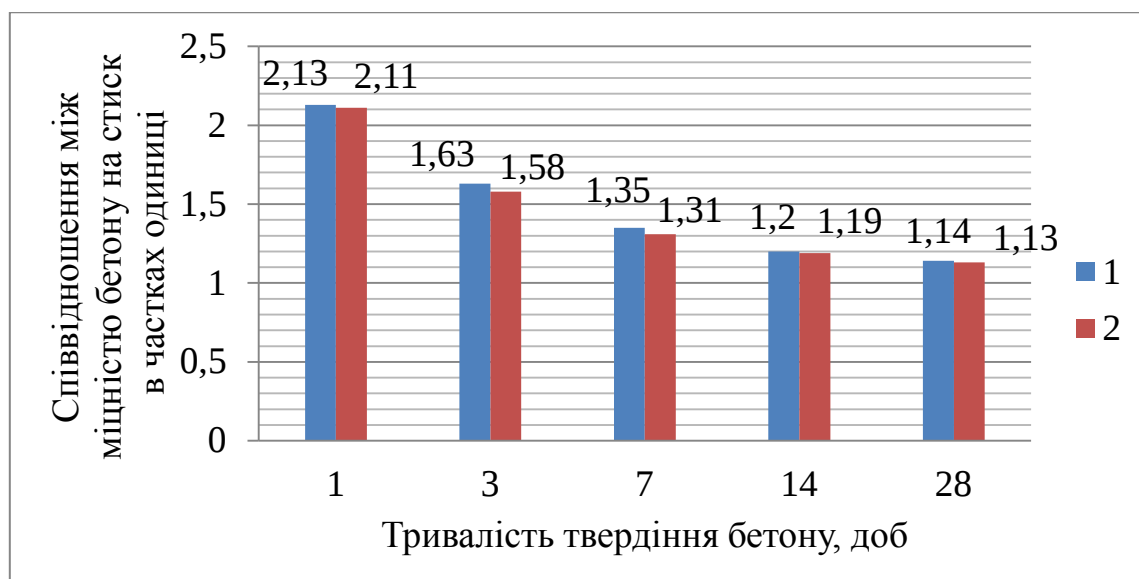


Рис. 5. Співвідношення між міцністю бетону на стиск при його твердінні із застосуванням теплової обробки та без теплової обробки (дослід 2):

1 – для плит; 2 – для кубів

Співвідношення між міцністю на стиск бетону плит, твердіння яких відбувалося першу добу в тепловій камері (потім – у повітряних умовах), та міцністю на стиск бетону плит, твердіння яких відбувалося в повітряних умовах: після розпалублення більше, ніж аналогічне співвідношення для кубів, на 0,9%; у віці 3 діб – більше на 3,1%; у віці 7 діб – більше на 3,0%; у віці 14 діб – більше на 0,8%; у віці 28 діб – більше на 0,9%.

Обговорення результатів досліджень

1. Температура бетону наприкінці загального терміну твердіння в камері (24 год) у дослідях 1 і 2 перевищувала температуру зовнішнього повітря, що пояснюється наявністю теплоти гідратації цементу. Крім того, слід враховувати, що: на частину конструкцій камери потрапляла сонячна енергія; температура зовнішнього повітря під час термосного твердіння бетону в досліді 1 була нижчою, ніж в досліді 2 (хоча початкова температура бетону в досліді 1 вища, ніж в досліді 2). Указані фактори є складовою низки факторів, які відповідним чином впливають на теплообмінні процеси, котрі обумовлюють температуру бетону.

Підвищена температура тверднучого в камері бетону зумовлює інтенсифікацію гідратації цементу.

2. Оскільки у проведених експериментах співвідношення між міцністю на стиск бетону плит, твердіння яких відбувалося з використанням теплової обробки та без теплової обробки, не менше, ніж аналогічне співвідношення для контрольних зразків у визначені терміни, то можна зробити висновок: вплив досліджуваного способу теплової обробки на інтенсивність твердіння бетону плит не менший, ніж аналогічний вплив для бетону зразків.

Висновки.

1. Установлено для досліджуваних умов, що теплова обробка гідроізованих плит бетонних тротуарних та гідроізованих контрольних зразків з використанням теплоти гідратації цементу та повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії, призводить до інтенсифікації процесу твердіння бетону в ранньому віці.

2. Потрібно накопичувати експериментальні дані і розробляти рекомендації стосовно оцінювання співвідношення між інтенсивністю твердіння бетонних виробів і контрольних зразків при вказаному способі теплової обробки.

3. Необхідно досліджувати інтенсивність набору міцності бетоном різного складу при його тепловій обробці з використанням теплоти гідратації цементу та повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії або в повітрянагрівачі, для менших (ніж у відображених дослідях) термінів його твердіння в камері.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Даужанов Н. Т. Гелиополигоны для производства изделий из пенобетона [Текст] / Н. Т. Даужанов, Б. А. Крылов, Л. Б. Аруова // Вестник МГСУ. – М.: НИУ МГСУ, 2014. – № 4. – С. 79-86.
2. Даужанов Н. Т. Тепло и массообмен при различных технологиях гелиотермообработки железобетона / Н. Т. Даужанов, Л. Б. Аруова. – Вестник МГСУ. – М.: НИУ МГСУ, 2011. – №. 4. – С.288-292.
3. Дудар І. Н. Використання сонячної енергії для термосилової обробки бетону [Текст] / І. Н. Дудар, В. Л. Гарнага, С. В. Яківчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – Том 16, № 1. – С. 48-52.
4. Заседателев И. Б. Гелиотермообработка сборного железобетона [Текст] / И. Б. Заседателев, Е. Н. Малинский, Е. С. Темкин. – М.: Стройиздат, 1990. – 312с.
5. Кугаєвська Т. С. Комбіновані способи геліотермообробки бетонних виробів: монографія [Текст] / Т. С. Кугаєвська. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – 308 с. Електронний ресурс: <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PoltNTU/1494>.
6. Кугаєвська Т. С. Метод дослідження процесів теплової обробки бетонних виробів нагрітим повітрям [Текст] / Т. С. Кугаєвська, В. В. Шульгін, В. П. Сопов // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХНУБА, ХОТБ АБУ, 2016. – Вип. 2 (84). – С.245 – 249.
7. Kugaevska T.S. Development of methodology forecasting of intensity solidification concrete products in the alternative methods of heat treatment / T.S. Kugaevska [Text] // Energy, energy saving and

rational nature use. – Oradea, Romania: Oradea University Press, 2015. – P. 4 – 52. – Електронний ресурс: <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PoltNTU/1536>.

8. Nadiradze A. Usage of solar energy in the production of concrete and iron concrete [Electronic resource. Text] / Nadiradze A. – Access mode: [http://www.energyonline.ge/energyonline/images/upload/April%202010/stat-Anzor%20Nadiradze%20\(eng\).pdf](http://www.energyonline.ge/energyonline/images/upload/April%202010/stat-Anzor%20Nadiradze%20(eng).pdf).
9. Пат. № 76923 Україна, МПК (2006. 01) C04B 40/00. Устаткування для виготовлення будівельних виробів [Схема] / І. В. Коц, І. Н. Дудар, О. П. Колісник; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет; заявл. 13.06. 12; опубл. 25.01.13, бюл. № 2.
10. Пат. № 107582 Україна, МПК (2016.01). В30В 11/00. Пакетна термосилова установка з енергетичним комплексом [Схема] / В. Л. Гарнага, С. В. Яківчук; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет; заявл. 04.01.16; опубл. 10.06.16, бюл. № 11.
11. Пат. WO2015126231 A1. Установка тепловой обработки бетонных изделий [Схема] / Л. Б. Аруова, Н. Т. Даужанов, К. А. Бисенов, Б. А. Крылов, Б. В. Гусев; заявл. 10.02.14; опубл. 27.08.15.
12. Подгорнов Н. И. Термообработка бетона с использованием солнечной энергии [Текст] / Н. И. Подгорнов. – М. : АСВ, 2010. – 328 с.
13. Щукина Т. В. Ресурсы солнечной энергии ЦЧР для использования при производстве строительных изделий / Т. В. Щукина, А. В. Акопян, Е. Ю. Семёнова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2015. – № 1 (192). – С. 22- 24.
14. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 43 с.
15. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 25 с.