

that the specific cost of heating a house with unburned wall blocks almost two times lower than brick house and approximated to silicate blocks.

Keywords: raw, clay concrete, unburned wall bricks made of clay raw, wall materials.

Третьяков С.С. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЗОБЖИГОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ. В статье проведен анализ использования безобжиговых строительных материалов и изделий, как экологически чистого, доступного и дешевого материала для возведения современного и энергоэффективного малоэтажного жилья. Проанализированы современные способы возведения

ограждающих конструкций стен из глинобетона на основе зарубежного и отечественного опыта строительства. Приведены преимущества и недостатки различных способов устройства конструкций стен из глинобетона. Выяснено, что стоимость безобжиговых материалов значительно дешевле средней рыночной стоимости традиционных строительных материалов. Показано, что удельные затраты на отопление дома из глинобетонных блоков почти в два раза ниже чем кирпичного дома и вдвое от дома из газосиликатных блоков.

Ключевые слова: глина, глинобетон, безобжиговые материалы из глинистого сырья, стеновые материалы.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-179-185

УДК 666.972

Кугаєвська Т.С., Шульгін В.В.

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
(Першотравневий пр-т, 24, Полтава, 36000, Україна)*

Сопов В.П.

*Харківський національний університет будівництва і архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: vsopov@ukr.net)*

АНАЛІЗ МІЦНОСТІ БЕТОНУ ПРИ М'ЯКОМУ РЕЖИМІ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ НАГРІТИМ ПОВІТРЯМ

Здійснено теплову обробку гідроізольованих кубів із важкого бетону з використанням нагрітого повітря за умов: тривалість теплової обробки бетону нагрітим повітрям – 3 год; загальний термін твердіння зразків у лабораторній камері – 21 год. Установлено, що міцність на стиск бетону у віці 28 діб: в 1,02 – 1,03 рази перевищує міцність на стиск бетону, твердіння якого відбувалося в повітряних умовах (у віці 1 доби – в 1,94 – 2,12 разу); дорівнює міцності на стиск бетону, твердіння якого відбувалося в нормальних умовах. Показано, що м'які режими теплової обробки надають можливість прискорити отримання розпалубочної міцності бетонних виробів без зміни їх структурних характеристик.

Ключові слова: тепла обробка, бетон, міцність на стиск, водопоглинання.

Вступ. Під час тепловологісної та теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів в їх об'ємі утворюються неоднорідні температурні поля (а при тепловологісній обробці – також неоднорідні поля вологовмісту). Ці фактори можуть призводити до створення внутрішніх механічних напружень і спричиняти в бетоні необоротні структурні зміни, неприпустиме зниження його міцності а також довговічності [1-3].

Геліотермообробка бетонних та залізобетонних виробів сприятливо впливає на

формування структури бетону і надає можливість заощаджувати відповідні енергоресурси [4-13].

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. І.Б. Заседателевим із співавторами [7] зазначено, що прогрівання у геліоформах під СВІТАП бетонних зразків і виробів товщиною до 300-400 мм здійснюється при м'яких режимах: швидкість підйому температури бетону дорівнює 5-7 °С/год; тривалість ізотермічної витримки при максимальній температурі 60 – 70°С триває 5 – 7 год; охолодження до температури 35 – 50°С здійснюється зі швидкістю

1,5 – 2,5°C/год. Структура і властивості цих бетонів кращі, ніж у пропарених за традиційними режимами, і наближаються до бетонів нормального твердіння [7]. Також у книзі [7] підкреслено, що у віці одного місяця кубикова міцність бетону, який твердне під СВІТАП, як правило, мало відрізняється від міцності бетону нормального твердіння.

А. В. Акопян із співавторами [4] наголошують, що бетон після геліотермообробки під світлопрозорим покриттям характеризується меншою сумарною макропористістю і підвищеним вмістом дрібних пор (порівняно із бетоном, пропареним традиційним способом), що позитивно впливає на показники міцності бетону.

Н.Т. Даужановим і Л.Б. Аруовою [6] підкреслено, що застосування м'яких режимів підйому температури тверднучого бетону (2 – 5°C/год) призводить до різкого зменшення градієнтів температури по перерізу конструкції, що виключає міграцію вологи і збільшення пористості бетону.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. У роботах [10-14] представлено спосіб теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів (які знаходяться в закритих формах) із використанням у якості теплоносія повітря, яке нагрівається або в колекторі сонячної енергії або в електричному повітрянагрівачі. Цей спосіб не передбачає інтенсивного нагрівання бетону і, вірогідно, не потребує здійснення попереднього витримання бетону з метою зменшення деструктивних процесів. Але таке витримання може бути сприятливим для кінетики набору міцності бетоном. Відповідні дослідження не здійснювалися.

Теплова обробка бетонних і залізобетонних виробів із використанням сонячної енергії може відбуватися в умовах періодичного надходження цієї енергії до поверхні колектора. Тому необхідно проводити відповідні дослідження, серед яких – вимушена наявність періоду попереднього витримання бетону.

Постановка завдання. Метою досліджень є визначення впливу м'яких режимів теплової обробки бетонних виробів на їх

фізико-механічні та експлуатаційні властивості. До задач досліджень входило:

– здійснити теплову обробку гідроізованих кубів із важкого бетону з використанням нагрітого повітря; (тривалість теплової обробки бетону нагрітим повітрям – 3 год; загальний термін твердіння зразків у лабораторній камері – 21 год; варіюється тривалість попереднього витримання бетону та вміст у бетоні прискорювача твердіння);

– визначити міцність бетону на стиск у віці 28 діб при твердінні: з використанням теплової обробки; в повітряних умовах; в нормальних умовах;

– визначити водопоглинання бетону (вміст добавки 1,4%), твердіння якого відбувається з використанням теплової обробки та без теплової обробки.

Основний матеріал і результати.

Дослідження теплової обробки гідроізованих бетонних кубів (10×10×10 см) із використанням нагрітого повітря здійснювалися в лабораторній установці (рис. 1-3).



Рис. 1. Компонування лабораторної установки (вид 1)



Рис. 2. Компонування лабораторної установки (вид 2)

У сонячні дні весняного, літнього та осіннього періодів року повітря нагрівається в плоских колекторах сонячної енергії власної конструкції. У холодний період року і в холодні дні весняного, літнього та осіннього періодів року для нагрівання повітря використовується інфрачервоний обігрівач (у виробничих установках потрібно застосовувати електричний повітрянагрівач). Для дослідження зміни температури використано датчики температури.

Склад бетону: 1:1,59:2,66; Ц = 417,3 кг/м³; П = 663,2 кг/м³; Щ = 1112,0 кг/м³; В/Ц = 0,44; використано портландцемент ПЦ І-500-Н (ДСТУ Б В.2.7-46:2010); у складі бетону – прискорювач твердіння Релаксол Темп 3 на основі тіосульфата і роданида натрію.

Планування досліджень та їх математично-статистична обробка здійснювалася згідно рекомендацій, наведених у [15].

У табл. 1 показано інтервали варіювання тривалості попереднього витримування бетону у закритій камері (τ_n) та вмісту добавки у складі бетону (d , відсоток від маси цементу в перерахунку на суху речовину). Межі варіювання вмісту добавки прийнято з урахуванням рекомендацій виробника.

Таблиця 1 – Значення інтервалів варіювання факторів

Код	Значення коду	Значення факторів	
		x_1 (тривалість попереднього витримування бетону τ_n , год)	x_2 (вміст добавки d , %)
Основний рівень	0	1	1,4
Інтервал варіювання	x_i	1	0,6
Верхній рівень	+	2	2
Нижній рівень	-	0	0,8

На рис. 3 відображено зміну температури тверднучого в камері бетону (точка 1 плану експерименту). Значення факторів: тривалість попереднього витримування бетону $\tau_n = 2$ год; вміст добавки 2,0 %. Упродовж 2 год попереднього витримування температура бетону підвищилася з 16,5 до

17,0°C ($\Delta t = 0,5^\circ\text{C}$). Упродовж 3 год теплової обробки нагрітим повітрям температура бетону підвищилася з 17,0 до 29,4°C ($\Delta t = 12,4^\circ\text{C}$). Через 21 год твердіння бетону в камері його температура дорівнювала 23,8 °С.

У наступних дослідах було створено аналогічну інтенсивність зростання температури бетону під час теплової обробки нагрітим повітрям.



Рис. 3. Зміна температури бетону при його твердінні в лабораторній камері

Примітка. Міцність на стиск важкого бетону, твердіння якого відбувалося з використанням досліджуваної теплової обробки, перевищує міцність на стиск бетону, твердіння якого відбувалося без теплової обробки, у віці 1 доби в 1,94 – 2,12 разу (залежно від вмісту добавки та тривалості попереднього витримування).

У табл. 2 показано міцність бетону класу В25 на стиск у віці 28 діб (вміст добавки 0,8 %, 1,4%, 2,0%).

Таблиця 2 – Міцність бетону на стиск

Точка плану	τ_n , год	d , %	Міцність бетону на стиск, МПа		
			при застосуванні ТО	твердіння в повітряних умовах	твердіння в нормальних умовах
4	0	0,8	33,227	32,217	32,813
8	1		33,035		
2	2		32,842		
6	0	1,4	33,709	32,835	33,402
9	1		33,576		
5	2		33,441		
10	1		33,570		
11	1		33,569		
3	0	2,0	34,108	33,411	33,948
7	1		34,032		
1	2		33,955		

У результаті математично-статистичної обробки експериментальних даних отримано рівняння:

$$y = 335,86 - 1,344x_1 + 4,986x_2 + 4,986x_1^2 - 0,57x_2^2 + 0,58x_1x_2;$$

критерій Фішера $F_p = 17,116 < 19,3$; рівняння регресії придатне для застосування.

Побудова діаграми (рис. 4) здійснювалася за такими загальними залежностями:

$$x_1: y = b_0 + b_1x_1 + b_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22} + b_{12}x_1; \quad (1)$$

$$x_2: y = b_0 + b_1 + b_2x_2 + b_{11} + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_2. \quad (2)$$

У цьому випадку при збільшенні тривалості попереднього витримування міцність бетону на стиск у віці 1 доби зменшується, а при збільшенні вмісту прискорювача твердіння (в досліджуваних межах) – підвищується (рис. 4).

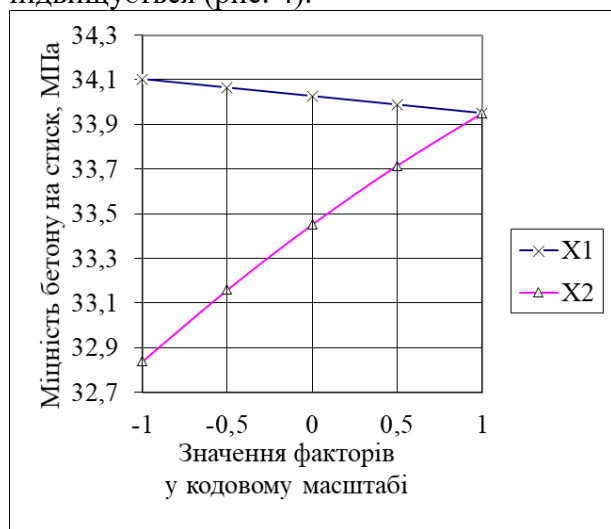


Рис. 4. Міцність бетону на стиск у віці 28 діб залежно від тривалості попереднього витримування (τ_n , год) та вмісту добавки (d ,%) на максимальному рівні

Побудова діаграми (рис. 5) здійснювалася за такими загальними залежностями:

$$x_1: y = b_0 + b_1x_1 + b_{11}x_1^2; \quad (3)$$

$$x_2: y = b_0 + b_2x_2 + b_{22}x_2^2. \quad (4)$$

У цьому випадку на міцність бетону у віці 1 доби в межах факторів у кодовому масштабі $[-1 \dots 0]$ переважає вплив попереднього витримування, а в межах факторів у кодовому масштабі $[0 \dots 1]$ – вплив прискорювача твердіння (рис. 5).

Побудова діаграми (рис. 6) здійснювалася за такими загальними залежностями:

$$x_1: y = b_0 + b_1x_1 - b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22} - b_{12}x_1x_2; \quad (5)$$

$$x_2: y = b_0 - b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11} + b_{22}x_2^2 - b_{12}x_1x_2. \quad (6)$$

У цьому випадку при збільшенні тривалості попереднього витримування міцність бетону на стиск у віці 1 доби зменшується, а при збільшенні вмісту прискорювача твердіння (в досліджуваних межах) – підвищується (рис. 6).

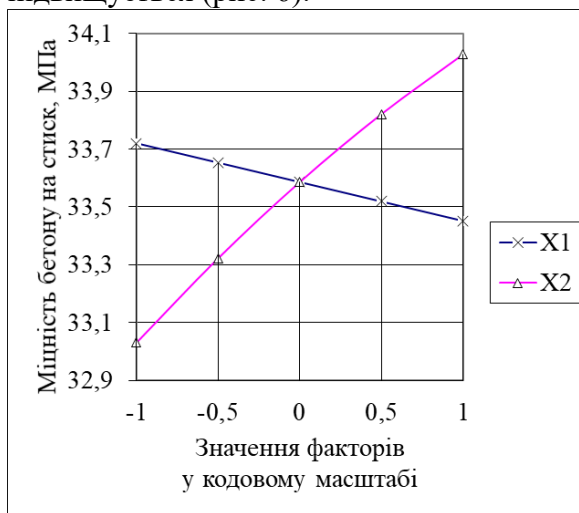


Рис. 5. Міцність бетону на стиск у віці 28 діб залежно від тривалості попереднього витримування (τ_n , год) та вмісту добавки (d ,%) основному рівні

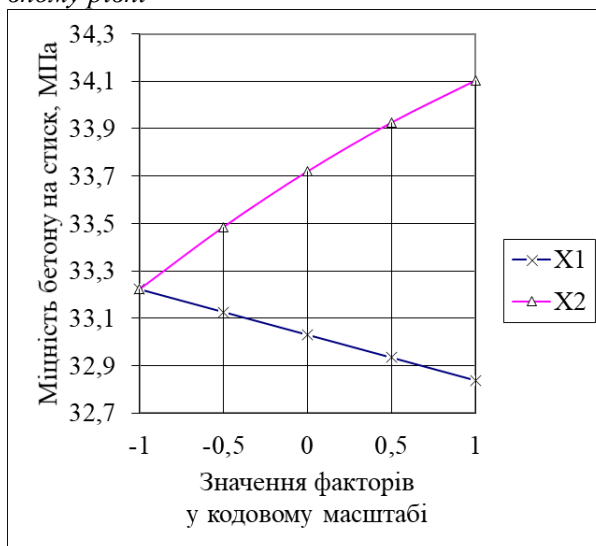


Рис. 6. Міцність бетону на стиск у віці 28 діб залежно від тривалості попереднього витримування (τ_n , год) та вмісту добавки (d ,%) на мінімальному рівні

При вмісті добавки 0,8% співвідношення між міцністю на стиск бетону (у віці

28 діб), твердіння якого відбувалося з використанням теплової обробки, та міцністю на стиск бетону, твердіння якого відбувалося: в повітряних умовах – див. рис. 7; в нормальних умовах – дорівнює 1,00...1,01.

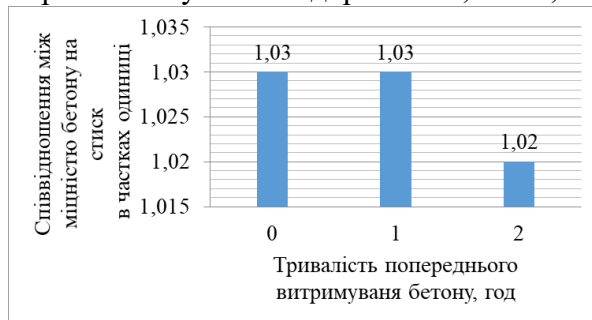


Рис. 7. Співвідношення між міцністю на стиск бетону, твердіння якого відбувалося із застосуванням та без застосування теплової обробки (вміст добавки 0,8%; вік бетону 28 діб): 1 – при $\tau_n = 0$ год; 2 – при $\tau_n = 1$ год; 3 – при $\tau_n = 2$ год

При вмісті добавки 1,4% співвідношення між міцністю на стиск бетону (у віці 28 діб), твердіння якого відбувалося з використанням теплової обробки, та міцністю на стиск бетону, твердіння якого відбувалося: в повітряних умовах – див. рис. 8; в нормальних умовах – дорівнює 1,00...1,01.

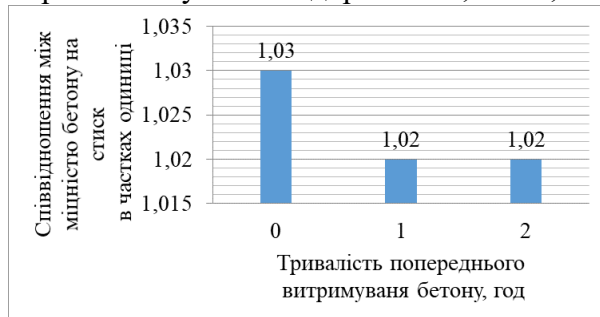


Рис. 8. Співвідношення між міцністю на стиск бетону, твердіння якого відбувалося із застосуванням та без застосування теплової обробки (вміст добавки 1,4%; вік бетону 28 діб): 1 – при $\tau_n = 0$ год; 2 – при $\tau_n = 1$ год; 3 – при $\tau_n = 2$ год

При вмісті добавки 2,0% співвідношення між міцністю на стиск бетону (у віці 28 діб), твердіння якого відбувалося з використанням теплової обробки, та міцністю на стиск бетону, твердіння якого відбувалося:

- в повітряних умовах, становить 1,02;
- в нормальних умовах, становить 1,00.

Водопоглинання бетону (вміст добавки 1,4%) дорівнює:

- при твердінні бетону у повітряних умовах: 3,38% за масою; 7,81% за об'ємом;
- при тепловій обробці бетону з використанням нагрітого повітря (без попереднього витримування): 3,23% за масою; 7,46% за об'ємом.

Обговорення результатів. Водопоглинання за об'ємом бетону обумовленого складу, твердіння якого відбувалося з використанням досліджуваної теплової обробки, становить 95,5% від водопоглинання бетону, твердіння якого відбувалося в повітряних умовах. Ці показники:

- надають можливість зробити висновок стосовно відкритої пористості бетону, твердіння якого відбувається при м'якому режимі теплової обробки;
- не суперечать даним стосовно структури бетону після геліотермообробки.

Результати досліджень міцності на стиск важкого бетону (зразки – гідроізолювано) при м'якому режимі теплової обробки з використанням нагрітого повітря узгоджуються з результатами досліджень міцності бетону після геліотермообробки.

Висновки

1. Установлено, що міцність на стиск важкого бетону (у складі якого – прискорювач твердіння) у віці 28 діб при м'якому режимі теплової обробки:

- в 1,02 – 1,03 рази перевищує міцність на стиск бетону, твердіння якого відбувалося в повітряних умовах (у віці 1 доби – в 1,94 – 2,12 разу);

– дорівнює міцності на стиск бетону, твердіння якого відбувалося в нормальних умовах (співвідношення між міцністю на стиск бетону, твердіння якого відбувалося з використанням теплової обробки та в нормальних умовах становить 1,00...1,01);

- не залежить від тривалості попереднього витримування в досліджуваних межах (1 та 2 год); наприклад, при вмісті добавки 0,8% різниця між міцністю бетону на стиск при $\tau_n = 0$ год та $\tau_n = 2$ год становила 1,16%.

2. Водопоглинання бетону обумовленого складу, твердіння якого відбувалося з

використанням теплової обробки, не перевищує водопоглинання бетону, твердіння якого відбувалося в повітряних умовах.

3. Надалі потрібно розробити методику досліджень внутрішнього масообміну в бетоні при досліджуваному способі теплової обробки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Моделирование влияния градиентов температур на распределение напряжений на стадии гидратации бетонов / Ю. А. Абзаев, А. И. Гныря, С. В. Коробков и др. // Вестник ТГАСУ. – Томск: ТГАСУ, 2016. – № 3 (56). – С.129 – 138.
2. Рахимов А. М. Исследование температурных полей в процессе пропаривания и остывания бетонных изделий в условиях повышенных температур среды / А. М. Рахимов, Б. Г. Жураев // Символ науки. – 2016. – № 2. – С. 72 – 73.
3. Шестаков Н. И. Методика расчёта термо- и влагонапряжённого состояния бетонных плит, подвергаемых тепловлажностной обработке / Н. И. Шестаков, К. В. Аксентик // Строительные материалы. – 2012. – № 11. – С. 77 – 80.
4. Акопян А. В. Гелиотермообработка строительных изделий с исследованием качества получаемой продукции / А. В. Акопян, Е. Ю. Семенова, Т. В. Щукина // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: высокие технологии. Экология. – Воронеж: ВГТУ, 2016. – № 1. – С. 101 – 107.
5. 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.
6. 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.
7. Заседателев И. Б. Гелиотермообработка сборного железобетона / И. Б. Заседателев, Е. Н. Малинский, Е. С. Темкин. – М.: Стройиздат, 1990. – 312 с.
8. Усмонов Ф. Б. Определение расхода дополнительной энергии при круглогодичной эксплуатации гелиополигонов по выпуску сборного железобетона / Ф. Б. Усмонов, Р. К. Ибодов, Ф. С. Хикматов // Молодой ученый. – 2016. – № 2 (106). — С. 247 – 250.
9. Ушкелбаева А. О. Гелиотермообработка полистиролбетонов, арболитов через гелиосистему с промежуточным теплоносителем / А. О. Ушкелбаева // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – Астана: КАТУ, 2015. – № 1 (84). – С.192 – 198.
10. Кугаєвська Т. С. Використання сонячної енергії для теплової обробки плит бетонних тротуарних / Т. С. Кугаєвська, В. П. Сопов, В. В. Шульгін // Будівельні матеріали та вироби. – 2017. – № 5 – 6 (96). – С. 34 – 36.
11. Кугаєвська Т. С. Метод дослідження процесів теплової обробки бетонних виробів нагрітим повітрям / Т. С. Кугаєвська, В. В. Шульгін, В. П. Сопов // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. – № 2 (84). – С.245 – 249.
12. Кугаєвська Т. С. Комбіновані способи геліотермообробки бетонних виробів: монографія / Т. С. Кугаєвська. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – 308 с.
13. 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.
14. Кугаєвська Т. С. Аналіз інтенсивності нагрівання повітря в плоскому колекторі сонячної енергії / Т. С. Кугаєвська, В. В. Шульгін, В. П. Сопов // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. – № 3 (85). – С. 201– 205.
15. Руководство по подбору составов тяжёлого бетона. – М.: Стройиздат, 1979. – 103с.

Кугаевская Т.С., Шульгин В.В., Сопов В.П. АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПРИ МЯГКОМ РЕЖИМЕ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ НАГРЕТЫМ ВОЗДУХОМ. Осуществлено тепловую обработку гидроизолированных кубов из тяжелого бетона с использованием нагретого воздуха при условиях: продолжительность тепловой обработки бетона нагретым воздухом – 3 ч; общая продолжительность твердения образцов в лабораторной камере – 21 ч. Установлено, что прочность на сжатие бетона в возрасте 28 суток в 1,02 – 1,03 раза превышает прочность на сжатие бетона, твердение

котрого походило в воздушных условиях (в возрасте 1 суток – в 1,94 – 2,12 раза); равняется прочности на сжатие бетона, твердение которого происходило в нормальных условиях.

Ключевые слова: тепловая обработка, бетон, прочность на сжатие, водопоглощение.

Kugaevska T.S., Shulgin V.V., Sopov V.P.
ANALYSIS OF STRENGTH OF CONCRETE WITH A SOFT REGIME THERMAL PROCESSING BY HEATING AIR. Thermal treatment of waterproofed cubes from heavy concrete with the use of heated air is carried out under

the following conditions: the duration of heat treatment of concrete with heated air is 3 hours; the total duration of hardening of the samples in the laboratory chamber was 21 hours. It was found that the compressive strength of concrete aged 28 days in 1,02 - 1,03 times exceeds the compressive strength of concrete, the hardening of which occurred in air conditions (at the age of 1 day - in 1,94 - 2,12 times); equal to the compressive strength of concrete, the hardening of which occurred under normal conditions.

Keywords: heat treatment, concrete, compressive strength, water absorption.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-185-192

УДК 691.58.688.3

Золотов С.М., Фірсов П.М.

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
 (вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002, Україна; e-mail: pavelfirsov1991@gmail.com)*

ВИТРИВАЛІСТЬ МОДИФІКОВАНИХ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ ПРИ БАГАТОРАЗОВО ПОВТОРЮВАНИХ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Наводяться результати експериментів по визначенню міцності клейового кріпильного вузла на акрилових модифікованих клеях в разі багаторазово повторюваних динамічних навантажень. Детально описано методи випробувань клейових сталобетонних з'єднань на втомну міцність. Одночасно в рамках експерименту проведені дослідження по визначенню впливу товщини клейового шару на втомну міцність клейового сталобетонного з'єднання на акрилових модифікованих композиціях. Результати даних експериментальних досліджень можуть бути використані для розробки вузлів кріплення виробничого обладнання та технологічних ліній підприємств, а також для подальшого поліпшення складів полімерних клейових матеріалів, широко використовуваних в промисловому і цивільному будівництві.

Ключові слова: безанкерне кріплення, бетон, акриловий модифікований клей, втомна міцність з'єднання, руйнування, тип навантаження.

Вступ. Основними видами кріплень промислового технологічного обладнання і виробничих ліній в наш час є зварні, болтові і анкерні з'єднання. Альтернативним з'єднанням є безанкерний спосіб кріплення. Кріплення за цим способом здійснюється шляхом приклеювання кріпильних вузлів або опорних частин технологічного обладнання безпосередньо до попередньо підготовленої (обробленої) поверхні бетону. Для цього з'єднання використовують будь-які клеї, що володіють необхідною адгезією до бетону і сталі, а також високими фізико-механічними характеристиками.

Основний матеріал в таких з'єднаннях – епоксидні і акрилові клейові композиції, так як вони за своїми властивостями відповідають всім необхідним вимогам, що пред'являються до клеїв для створення надійних, високоміцних сталеклейових кріплень [1-3].

Необхідною умовою успішного застосування безанкерних клейових сталобетонних з'єднань з використанням акрилових композицій є комплексне рішення науково-дослідницької проблематики, що включає дослідження їх короткочасної, тривалої і втомної міцності, їх проектування, питання технології їх улаштування (зокрема приклеювання сталевих вузлів до