

ТЕПЛОВА ОБРОБКА БЕТОННИХ ЗРАЗКІВ НАГРІТИМ ПОВІТРЯМ У ЛАБОРАТОРНІЙ УСТАНОВЦІ

Досліджено теплову обробку гідроізольованих зразків з важкого бетону нагрітим повітрям упродовж 4,5 та 6 год. У теплий період року нагрівання повітря здійснено в колекторі сонячної енергії, а в холодний період цей процес змодельовано за допомогою інфрачервоного обігрівача. Проведено термосне остигання бетонних зразків у лабораторній камері. Міцність на стиск зразків визначено у віці п'яти діб.

***Ключові слова:** лабораторна установка, теплова обробка, нагріте повітря, бетонні зразки, сонячна енергія.*

Вступ. Одним із напрямів економії енергоресурсів при виробництві бетонних і залізобетонних виробів є використання сонячної енергії під час їх теплової обробки. Розвиток способів застосування сонячної енергії в зазначеному процесі дозволяє розширити можливості впровадження цього виду енергії.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. У книзі [1] наведено шляхи використання сонячної енергії при виробництві бетонних та залізобетонних виробів. У роботі [2] подано, зокрема, результати досліджень температурного режиму й кінетики зростання міцності бетону в процесі його нагрівання в опалубній формі. У джерелі [3] показано ефективність застосування геліотермообробки залізобетонних конструкцій (з використанням проміжного теплоносія) в умовах Казахстану. У статті [4] відображено основні принципи технології виробництва залізобетонних виробів на заводських полігонах при їх термообробці з використанням сонячної енергії, а в статті [5] цей вид технології розглянуто для виробів із пінобетону. У джерелі [6] показано особливості геліоелектротермообробки виробів із полістиролбетону у світлопрозорих камерах. У джерелі [7] наведено переваги використання сонячної енергії при виробництві полістиролбетонних виробів. У роботі [8] показано особливості геліотермообробки бетонних і залізобетонних виробів із застосуванням світлопрозорих огорожень. У патенті [9] відображено принцип дії сонячного колектора, призначеного для термообробки бетонних і залізобетонних виробів.

У патенті [10] наведено спосіб використання сонячної енергії для теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів за допомогою нагрітого в колекторі сонячної енергії повітря, а за необхідності рекомендовано використовувати додаткове джерело теплоти (рис. 1). Вироби під час цієї теплової обробки повинні бути гідроізольованими.

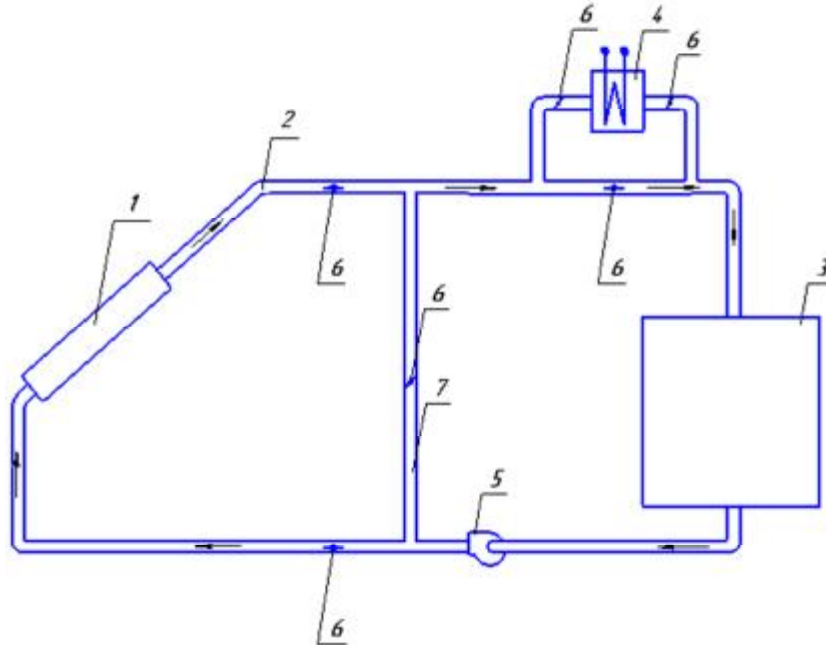


Рис. 1. Схема теплопостачання камери для теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів із використанням нагрітого в колекторі сонячної енергії повітря: 1 – колектор сонячної енергії; 2 – повітропровід; 3 – камера для теплової обробки бетонних чи залізобетонних виробів; 4 – повітрянагрівач (резервне джерело теплоти); 5 – вентилятор; 6 – заслінки; 7 – обвідна ділянка

Виділення не розв’язаних раніше частин загальної проблеми. Дослідження особливостей теплової обробки бетонних виробів із використанням нагрітого в колекторі сонячної енергії повітря [10] потребує низки лабораторних експериментів.

Постановка завдання. Мета роботи – визначити співвідношення між міцністю на стиск контрольних зразків із важкого бетону досліджуваного складу у віці п’яти діб та зразків, теплова обробка яких здійснюється нагрітим повітрям упродовж 4,5 та 6 год з подальшим термосним остиганням.

Основний матеріал і результати. Досліджується теплова обробка зразків із важкого бетону в лабораторній установці з використанням нагрітого повітря.

Процес теплової обробки бетону складається з двох періодів. Під час першого періоду до лабораторної камери, в якій розміщено гідроізольовані бетонні зразки, вентилятором спрямовується нагріте повітря. У теплий період року повітря нагрівається в колекторі сонячної енергії власної конструкції, а в холодний період року цей процес моделюється за

допомогою інфрачервоного обігрівача. Перший період теплової обробки бетону завершується з припиненням подачі нагрітого повітря в лабораторну камеру. Під час другого періоду теплової обробки бетону здійснюється внаслідок наявності теплоти, акумульованої впродовж першого періоду бетоном, формами та камерою, а також теплоти, котра виділяється цементом при гідратації. Останній фактор впливає на тривалість терміну, під час якого температура бетону не знижується, незважаючи на втрати теплоти в навколишнє середовище крізь конструкції, що огорожують лабораторну камеру. При поступовому охолодженні бетонних зразків у закритій камері їх температура є вищою, ніж температура навколишнього середовища, що інтенсифікує процес твердіння цих зразків по відношенню до контрольних. Загальний термін перебування зразків у лабораторній камері становив 28 год.

На рисунках 2 – 4 відображено зміну температури важкого бетону досліджуваного складу під час його теплової обробки повітрям, нагрітим у колекторі енергії за допомогою інфрачервоного обігрівача.

При тривалості теплової обробки бетонних зразків нагрітим повітрям 4,5 год (дослід 1, рис. 2) їх температура підвищилася від 16,3 до 56,4°C ($\Delta t = 40,1^\circ\text{C}$). Зміна інтенсивності нагрівання зразків під час цього дослідження зумовлена особливістю функціонування обігрівача. У результаті апроксимації експериментальних даних (рис. 2) отримано рівняння

$$y = -0,002x^4 + 0,098x^3 - 1,723x^2 + 13,79x + 4,155. \quad (1)$$

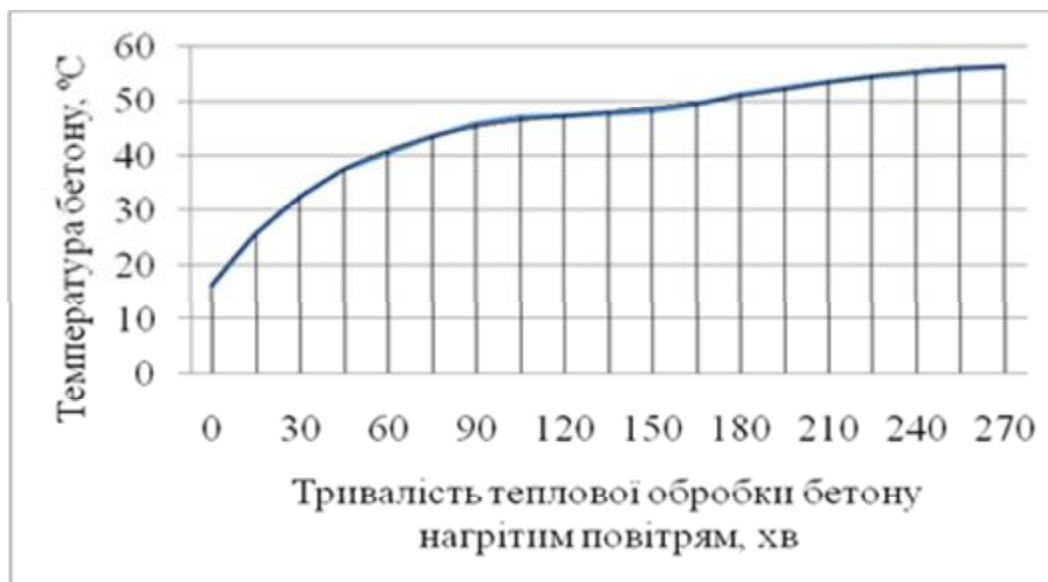


Рис. 2. Зміна температури бетону при його тепловій обробці повітрям, нагрітим за допомогою інфрачервоного обігрівача (дослід 1)

Упродовж 6 год теплової обробки бетонних зразків нагрітим повітрям (дослід 2, рис. 3) їх температура зросла від 14,5 до 60,8°C ($\Delta t = 46,3^\circ\text{C}$). У

результаті апроксимації експериментальних даних (рис. 3) отримано рівняння

$$y = 0,006x^3 - 0,361x^2 + 6,844x + 11,14. \quad (2)$$

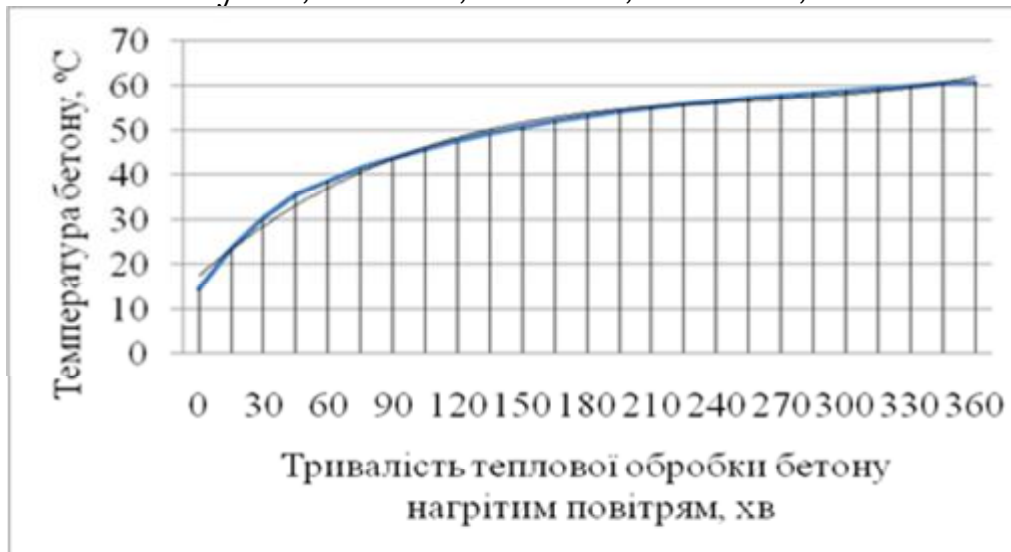


Рис. 3. Зміна температури бетону при його тепловій обробці повітрям, нагрітим за допомогою інфрачервоного обігрівача (дослід 2)

На рис. 4 наведено зміну температури бетону для двох варіантів його теплової обробки нагрітим за допомогою інфрачервоного обігрівача повітрям.

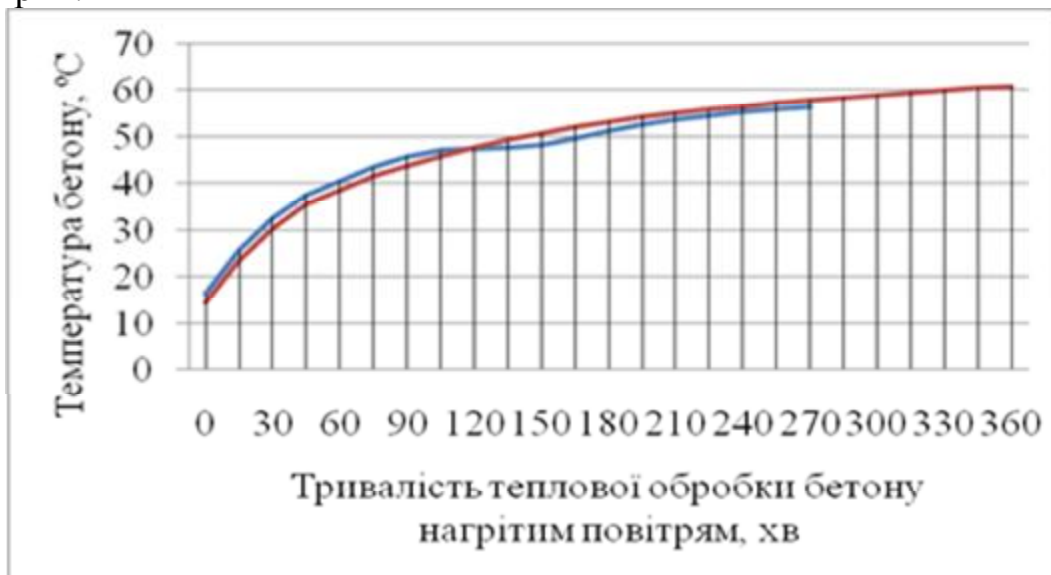


Рис. 4. Зміна температури бетону при його тепловій обробці повітрям, нагрітим за допомогою інфрачервоного обігрівача (дослід 1, 2)

Міцність на стиск зразків із важкого бетону досліджуваного складу у віці п'яти діб (рис. 5), тепла обробка яких здійснювалася нагрітим повітрям, більша, ніж відповідна міцність контрольних зразків у першому досліді, на 42,8%, у другому досліді – на 47,1%.

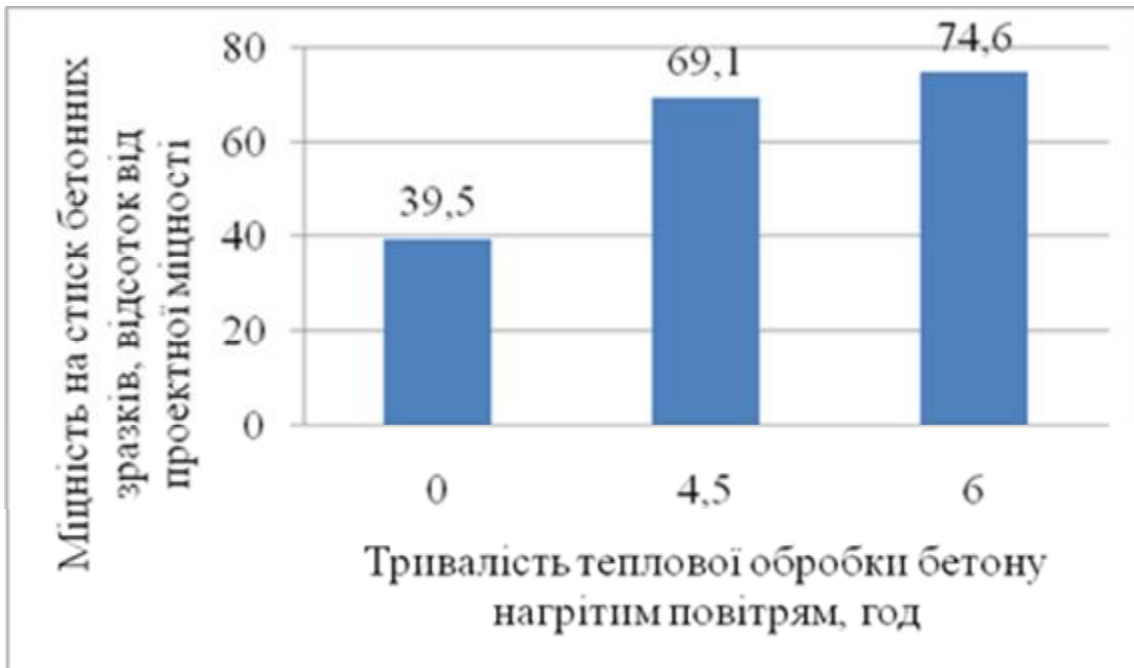


Рис. 5. Міцність на стиск бетонних зразків у віці п'яти діб, відсоток від проектної міцності (досліди 1, 2)

На рисунках 6 – 8 показано зміну температури важкого бетону досліджуваного складу під час його теплової обробки повітрям, нагрітим у колекторі сонячної енергії.

У досліді 3 (рис. 6) температура зразків із важкого бетону підвищилася за 4,5 год від 20,8 до 42,9°C ($\Delta t = 22,1^\circ\text{C}$). У результаті апроксимації експериментальних даних (рис. 6) отримано рівняння

$$y = 0,004x^3 - 0,193x^2 + 3,433x + 18,15. \quad (3)$$

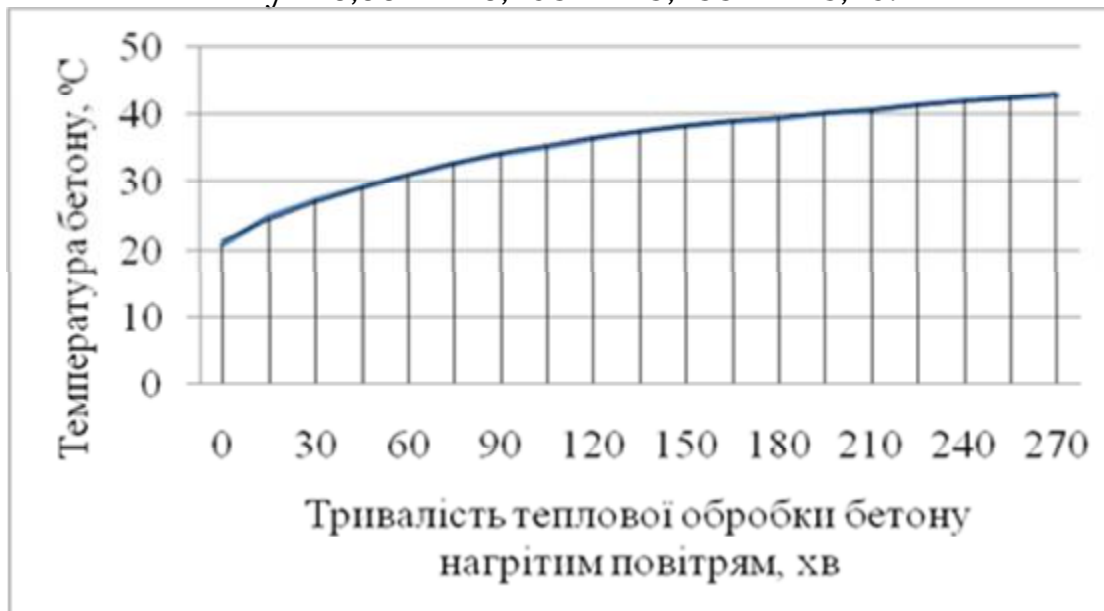


Рис. 6. Зміна температури бетону при його тепловій обробці нагрітим у колекторі сонячної енергії повітрям (дослід 3)

У досліді 4 (рис. 7) температура зразків із важкого бетону зростає за 6 год від 20,1 до 48,4°C ($\Delta t = 28,3$ °C). У результаті апроксимації експериментальних даних (рис. 7) отримано рівняння

$$y = 0,002x^3 - 0,156x^2 + 3,458x + 17,25. \quad (4)$$

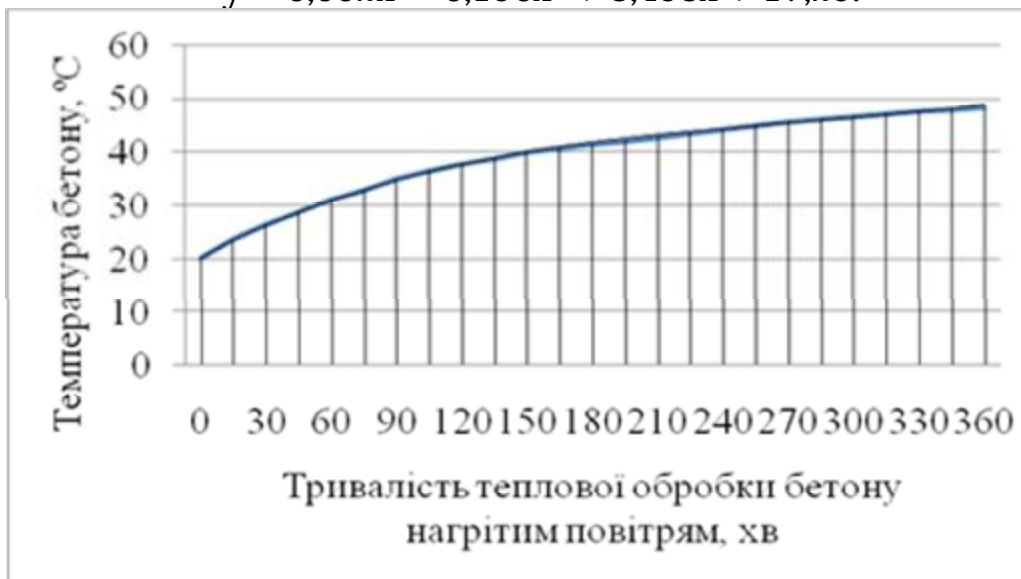


Рис. 7. Зміна температури бетону при його тепловій обробці нагрітим у колекторі сонячної енергії повітрям (дослід 4)

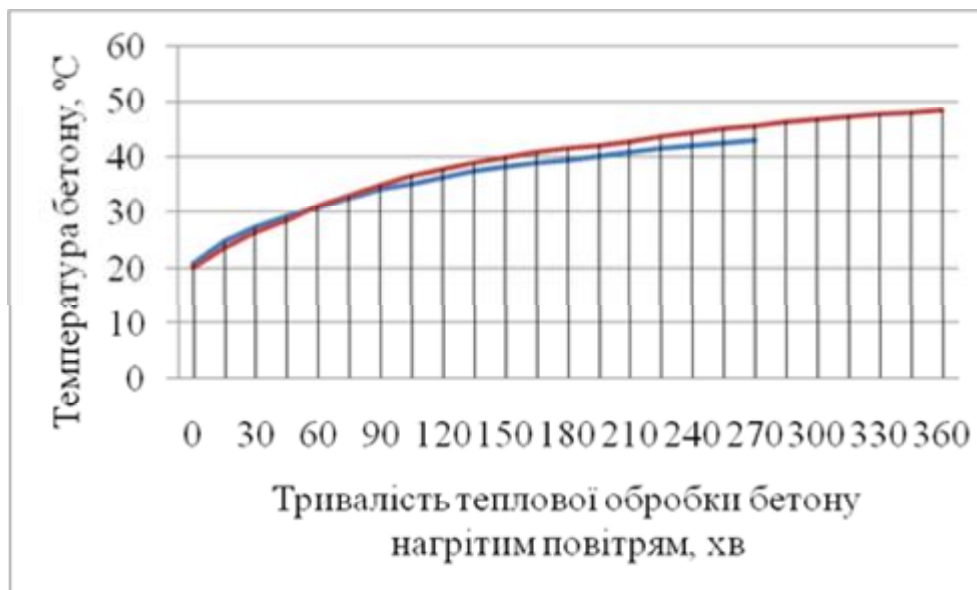


Рис. 8. Зміна температури бетону при його тепловій обробці нагрітим у колекторі сонячної енергії повітрям (досліди 3, 4)

На рисункові 9 наведено зміну температури важкого бетону досліджуваного складу, тепла обробка якого здійснювалася в лабораторній камері повітрям, нагрітим у колекторі енергії за допомогою інфрачервоного обігрівача (досліди 1, 2) та з використанням сонячної енергії (досліди 3, 4).

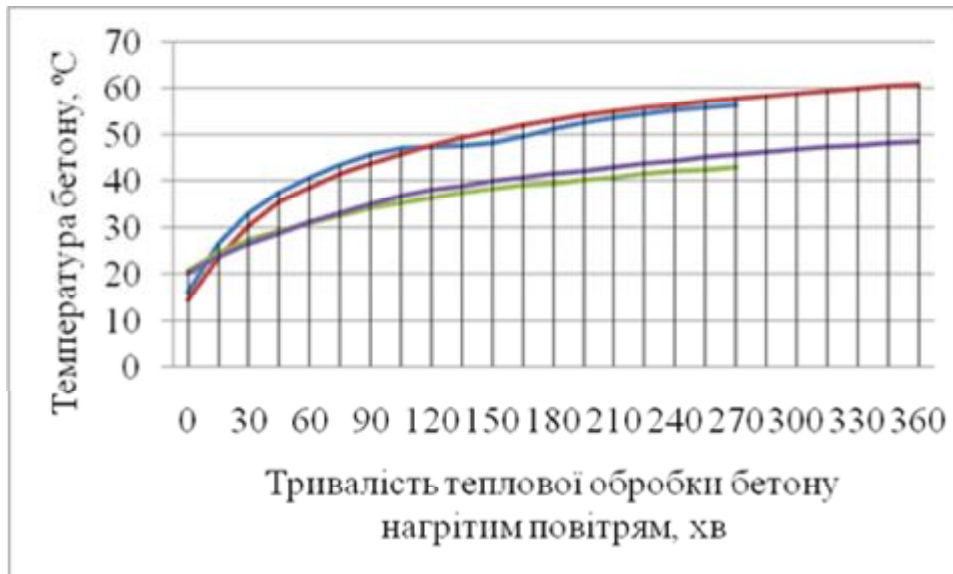


Рис. 9. Зміна температури бетону при його тепловій обробці нагрітим повітрям (досліди 1 – 4)

Міцність на стиск зразків із важкого бетону досліджуваного складу у віці п'яти діб (рис. 10), тепла обробка яких здійснювалася нагрітим у колекторі сонячної енергії повітрям, більша, ніж відповідна міцність контрольних зразків у досліді 3, на 24,8% , а в досліді 4 – на 29,2%.

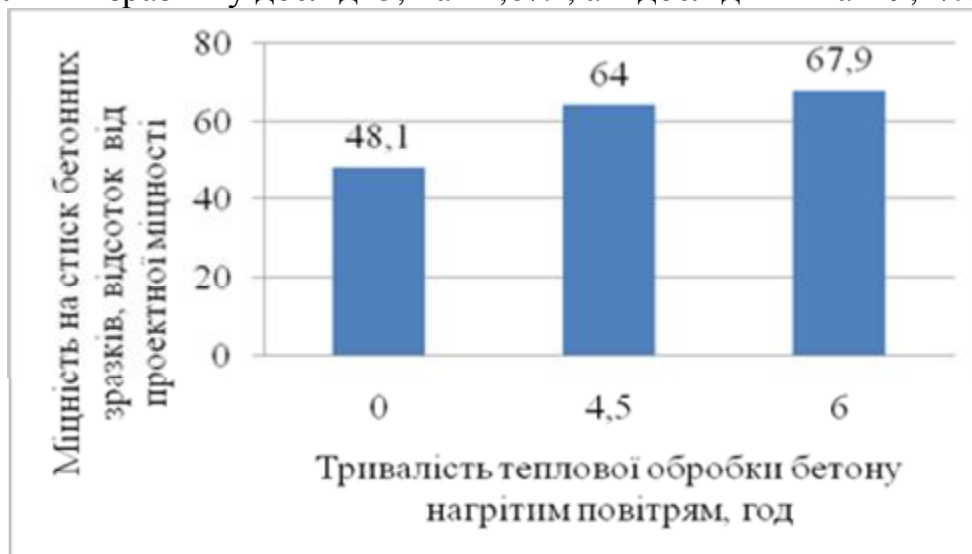


Рис. 10. Міцність на стиск бетонних зразків у віці п'яти діб, відсоток від проектної міцності (досліди 3, 4)

Температурний режим твердіння зразків після їх вивантаження з лабораторної камери, а також температурний режим твердіння контрольних зразків більш сприятливий у теплий період року, ніж у холодний. Цей фактор впливає на міцність бетону.

Наведені експерименти є складовою частиною дослідів, призначених для опрацювання способу теплової обробки бетонних виробів, який запропоновано в джерелі [10].

Висновки:

1. Визначено співвідношення між міцністю на стиск контрольних зразків із важкого бетону досліджуваного складу у віці п'яти діб та зразків, теплова обробка яких здійснюється нагрітим повітрям упродовж 4,5 та 6 год з подальшим термосним остиганням (рис. 5, 10).

2. У наведених дослідях, виконаних у холодний період року, була створена більша інтенсивність нагрівання бетону, ніж у теплий період (рис. 2 – 4; 6 – 9). Відповідно міцність на стиск зразків із важкого бетону досліджуваного складу у віці п'яти діб у холодний період року є більшою, ніж у теплий період (рис. 5, 10).

Якщо сонячна енергія не надходить до колектора, то необхідно або використовувати додаткове джерело теплоти, або здійснювати теплову обробку бетону за рахунок теплоти, котра виділяється при гідратації цементу.

3. Надалі необхідно створити лабораторну установку, яка мала б не лише колектор сонячної енергії, а також і додаткове джерело теплоти.

Література

1. Подгорнов Н.И. Термообработка бетона с использованием солнечной энергии /

Н.И. Подгорнов. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 328 с.

2. Подгорнов Н.И. Термообработка бетона в опалубочных формах с использованием солнечной энергии / Н.И. Подгорнов, Т.В. Анпарович, Д.Д. Коротеев // Известия вузов. Строительство. – Новосибирск: НГАСУ, 2009. – № 6. – С. 35 – 42.

3. Аруова Л.Б. Использование солнечной энергии для гелиотермообработки бетона в Республике Казахстан [Электронный ресурс] / Л.Б. Аруова, Н.Т. Даужанов // Режим доступа: http://zimbeton.ru/article/2012_10_3.pdf.

4. Даужанов Н.Т. Использование солнечной энергии для гелиотермообработки бетона [Электронный ресурс] / Н.Т. Даужанов, Л.Б. Аруова. – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/7_NMIV_2010/Stroitelstvo/59942.doc.htm.

5. Даужанов Н.Т. Малоэнергетическая технология термообработки изделий из пенобетона на полигонах с помощью солнечной энергии [Электронный ресурс] / Н.Т. Даужанов, Б.А. Крылов. – Режим доступа: <http://vestnikmgsu.ru/files/archive/issues/2014/3/ru/17.pdf>.

6. Аруова Л.Б. Тепловая обработка полистиролбетона [Электронный ресурс] / Л.Б. Аруова, Н.Т. Даужанов – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/21_NNP_2010/Chimia/70756.doc.htm.

7. Кареке Г.Т. Использование солнечной энергии при производстве полистиролбетонных изделий [Электронный ресурс] / Г.Т. Кареке, М.З. Абдикаримова. – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/6_PNI_2013/Stroitelstvo/4_126244.doc.htm.

8. Щукина Т.В. Гелиотермообработка с использованием средств повышения энергооблучённости строительных изделий [Электронный ресурс] / Т.В. Щукина, Е.Ю. Семенова. – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/28_NII_2012/Tecnic/5_118020.doc.htm.

9. Пат. № 2444682. Российская Федерация. МПК F24J2/02, F26B3/28. Солнечный тепловой коллектор / Л.В. Кузнецова, И.И. Полосин, Т.В. Щукина; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет ГОУВПО ВГАСУ; заяв. 09.07.2010; опубл. 10.03.2012.

10. Пат. № 83714. Україна. МПК (2013.01) F24H 3/00. Спосіб використання сонячної енергії для теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів / Т.С. Кугаєвська, В.В. Шульгін, О.В. Свінін; заявник і власник Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка; заяв. 01.04. 2013; опубл. 25.09.2013.

Надійшла до редакції 20.11.2014

© Т.С. Кугаєвська, В.В. Шульгін

УДК 666.972:621.8.035

ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ НАГРЕТЫМ ВОЗДУХОМ В ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ

Т.С. Кугаевская, к.т.н., доцент
В.В. Шульгин, к.т.н., доцент

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

Исследована тепловая обработка гидроизолированных образцов из тяжёлого бетона нагретым воздухом в течение 4,5 та 6 ч. В теплый период года нагревание воздуха осуществлено в коллекторе солнечной энергии, а в холодный период этот процесс смоделирован с помощью инфракрасного обогревателя. Проведено термосное остывание бетонных образцов в лабораторной камере. Прочность на сжатие образцов определена в возрасте пяти суток.

Ключевые слова: лабораторная установка, тепловая обработка, нагретый воздух, бетонные образцы, солнечная энергия.

HEAT TREATMENT HEATED AIR CONCRETE SAMPLES IN LABORATORY EQUIPMENT

T.S. Kugaevska, Ph.D.

V.V. Shulgin, Ph.D.

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

The authors investigated the heat treatment waterproofed samples from heavy concrete hot air for 4,5 and 6 hours. During the warm period of the year, the air in the collector of solar energy is heated. During the cold period, this process occurs in the infrared heater. Concrete samples of the cooling took place in a laboratory chamber. The compressive strength of the samples is determined after five days of hardening.

Keywords: *laboratory equipment, heat treatment, hot air, concrete examples of solar energy.*