

к.т.н., доцент **Кугаєвська Т. С.**,

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

д.т.н., професор **Сопов В.П.**,

Харківський національний університет будівництва та архітектури

к.т.н. доцент **Шульгін В.В.**

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ОСОБЛИВОСТІ М'ЯКИХ РЕЖИМІВ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ БЕТОНУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Використання сонячної енергії для теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів надає можливість економії відповідних енергоресурсів.

У джерелах [1 – 7 та інш.] відображено способи теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів які знаходяться в закритих формах) із використанням:

- повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії або в повітронагрівачі, та теплоти гідратації цементу (рис. 1);
- повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії, та теплоти гідратації цементу (рис. 2).

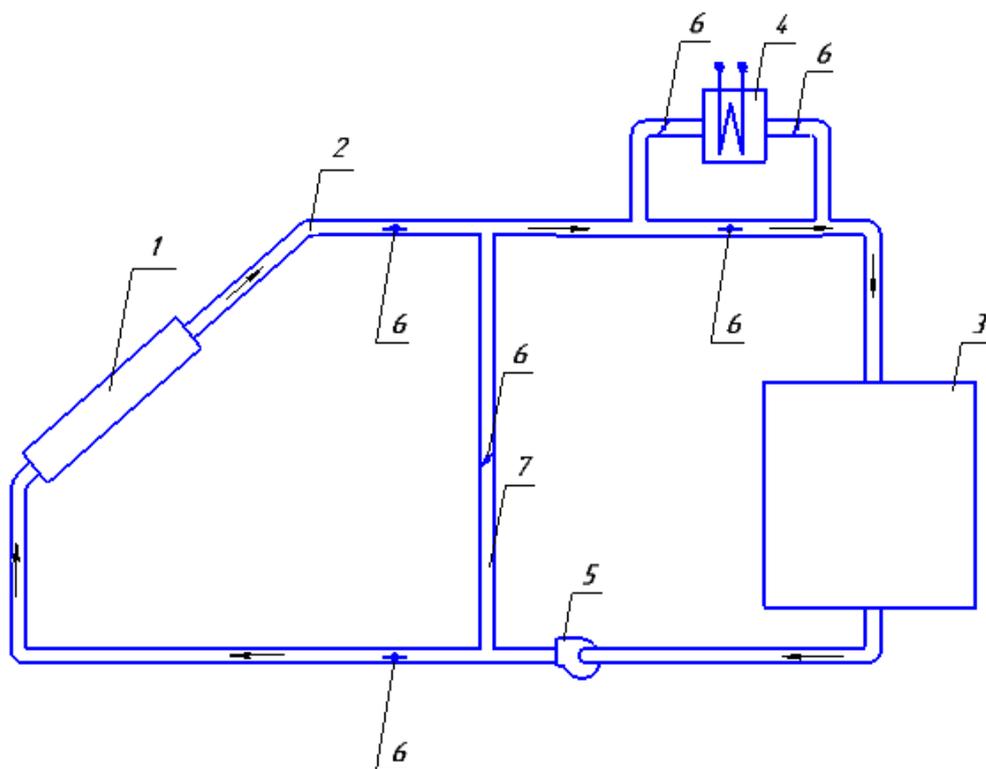


Рис. 1. Схема теплостачання камери для теплової обробки бетонних або залізобетонних виробів (які знаходяться в закритих формах):

1 – колектор сонячної енергії; 2 – повітропроводи; 3 – теплова камера; 4 – електричний повітронагрівач; 5 – вентилятор; 6 – заслінки; 7 – обвідна ділянка



Рис. 2. Дослідження теплової обробки гідро ізольованих плит бетонних тротуарних із використанням повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії, та теплоти гідратації цементу

Необхідно проводити дослідження ступінчастих режимів указаних способів теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів. Наявність таких режимів обумовлюється:

- періодичністю надходження сонячної енергії до поверхні колектора;
- пошуком шляхів економії енергоресурсів при використанні електричного повітрянагрівача.

Низку запланованих досліджень розпочато з визначення впливу попереднього витримування бетону на формування його властивостей.

Здійснено теплову обробку гідроізольованих кубів (10×10×10 см) із важкого бетону з використанням нагрітого повітря (рис. 3, 4).



Рис. 3. Лабораторна установка



Рис. 4. Фрагмент лабораторної установки

Тривалість теплової обробки бетонних зразків нагрітим повітрям – 3 год. Загальний термін їх твердіння в лабораторній камері – 21 год. Оскільки дослідження відбувалися в холодний період року, то для нагрівання повітря в лабораторній установці було використано інфрачервоний обігрівач (рис. 3, 4).

Середня початкова температура бетону після завантаження зразків у камеру дорівнювала $16,5^{\circ}\text{C}$, а після теплової обробки нагрітим повітрям становила $29,4^{\circ}\text{C}$. Температура повітря лабораторії під час попереднього витримування бетону в закритій камері дорівнювала початковій температурі бетонної суміші.

Склад бетону: 1:1,59:2,66; $\rho = 417,3 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{п}} = 663,2 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{щ}} = 1112,0 \text{ кг/м}^3$; $V/\rho = 0,44$; використано портландцемент ДСТУ Б В.2.7-46:2010 ПЦ І-500-Н (у складі бетону – прискорювач твердіння на основі тіосульфата і роданіда натрію).

Межі варіювання тривалості попереднього витримування бетону:

- основний рівень – 1 год;
- верхній рівень – 2 год;
- нижній рівень – 0 год (без попереднього витримування).

Межі варіювання вмісту добавки:

- основний рівень – $1,4\%$ від маси цементу (в перерахункові на суху речовину);
- верхній рівень – $2,0\%$;
- нижній рівень – $0,8\%$.

У таблиці 1 відображено значення факторів у кодованому та в натуральному вигляді.

Таблиця 1– Матриця планування досліджень

Точка плану	Значення факторів			
	кодований вигляд		натуральний вигляд	
	x_1	x_2	x_1 (τ_n , год)	x_2 (d, %)
1	+1	+1	2	2,0
2	+1	-1	2	0,8
3	-1	+1	0	2,0
4	-1	-1	0	0,8
5	+1	0	2	1,4
6	-1	0	0	1,4
7	0	+1	1	2,0
8	0	-1	1	0,8
9	0	0	1	1,4
10	0	0	1	1,4
11	0	0	1	1,4

На рис. 5 показано аналіз результатів досліджень при вмісті добавки 0,8%.

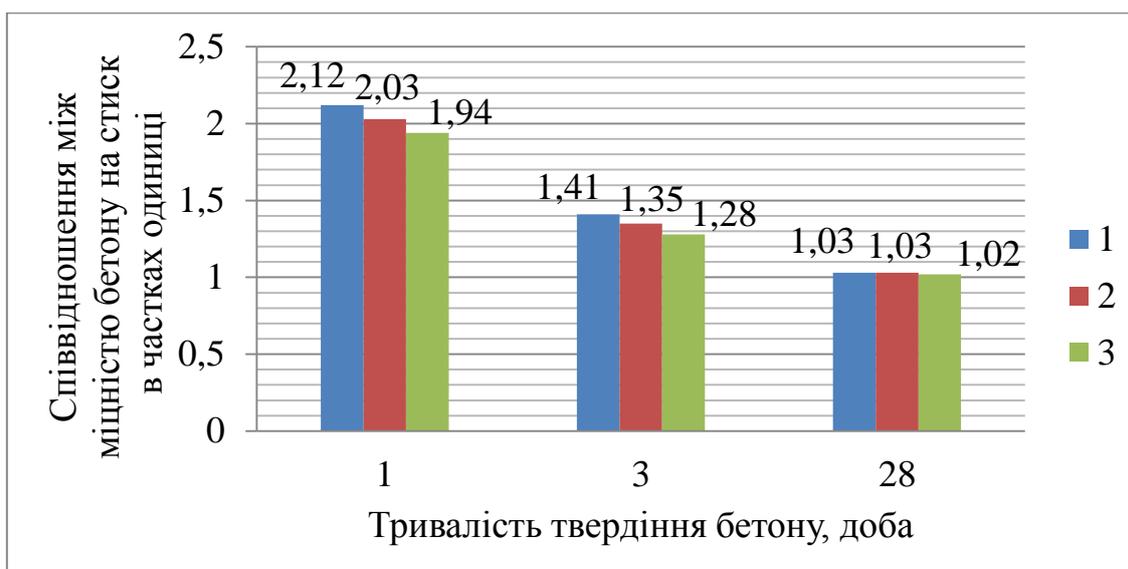


Рис. 5. Співвідношення між міцністю бетону на стиск, твердіння якого відбувалося із застосуванням теплової обробки, та міцністю бетону на стиск, твердіння якого відбувалося тільки в повітряних умовах (вміст добавки 0,8%): 1 – при $\tau_n = 0$ год; 2 – при $\tau_n = 1$ год; 3 – при $\tau_n = 2$ год

Установлено, що:

– міцність бетону на стиск, твердіння якого відбувалося із використанням теплової обробки, у віці 1 доби в 1,94 ... 2,12 разу перевищувала міцність бетону на стиск, твердіння якого відбувалося тільки в повітряних умовах, у віці 3 діб – в 1,25...1,41 разу, у віці 28 діб – в 1,02 ... 1,03 разу (залежно від тривалості попереднього витримування та вмісту добавки);

– наявність попереднього витримування (1 та 2 год) та зменшення вмісту прискорювача твердіння в досліджуваних умовах погіршує інтенсивність

набору міцності бетоном у віці 1 та 3 діб і не впливає (або незначно впливає) на міцність бетону у віці 28 діб.

Висновки. Визначено зміну інтенсивності твердіння бетону впродовж 28 діб при м'яких режимах теплової обробки із застосуванням нагрітого повітря. Надалі потрібно опрацьовувати ступінчасті режими теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів (які знаходяться в закритих формах) із використанням повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії або в повітронагрівачі.

Список літератури:

1. 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. – Електронний ресурс: <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PolNTU/1481>.
2. 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. – Електронний ресурс: <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PolNTU/3065>.
3. Кугаєвська Т. С. Вплив м'яких режимів теплової обробки на водопоглинання бетону / Т. С. Кугаєвська, В. П. Сопов, В. В. Шульгін // Збірник наукових праць за матеріалами II Міжнародної науково-технічної конференції «Actual problems of power engineering, construction and environmental engineering» (Польща, Кельце, 23 – 25 листопада 2017 року). – Kielce : Kielce University of Technology, 2017. – С. 131 – 136. – Електронний ресурс: <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PolNTU/2950>.
4. Кугаєвська Т. С. Комбіновані способи геліотермообробки бетонних виробів: монографія / Т. С. Кугаєвська. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – 308. – Електронний ресурс: <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PolNTU/1494>.
5. 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. – Електронний ресурс: <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PolNTU/1483>.
6. Кугаєвська Т. С. Процеси теплообміну в плоскому колекторі сонячної енергії / Т. С. Кугаєвська, В. В. Шульгін, М. О. Юрченко // Збірник наукових праць. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – Вип. 3 (45). – С. 257 – 264. – Електронний ресурс: <http://77.121.11.9/handle/PolNTU/1506>.
7. 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. – Електронний ресурс: <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PolNTU/1536>.