

УДК 62-714

**В.М. КОШЕЛЬНИК**, д-р техн. наук; проф. НТУ «ХП»;  
**Ю.В. ШУЛЬГІН**, канд. техн. наук; доц. НТУ «ХП»;  
**О.І. ГЛИНЬКО**, магістр НТУ «ХП»

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ТЕРМООБРОБКИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ РІЗНИХ ВИДІВ ЕНЕРГОНОСІЇВ**

Рассмотрен вопрос тепловлажностной обработки бетона с применением таких енерноносителей как: водяной пар, смесь дымовых газов и окружающего воздуха, а также электропрогрев. Проводится сравнение и выбор энергоносителя с точки зрения как энергетических, так и экономических показателей.

Розглянуто питання тепловологої обробки бетону із застосуванням таких енергоносіїв як: водяна пара, суміш димових газів і навколишнього повітря, а також електронагрів. Проводиться порівняння й вибір енергоносія з погляду як енергетичних, так й економічних показників.

The problem of heat and humidity treatment of concrete with the use of such eneronositeley as water vapor, a mixture of flue gases and ambient air, and electric heating. A comparison and choice of energy source in terms of both energy and economic indicators.

**Вступ. Постановка задачі в загальному вигляді.** Бетон є одним з основних будівельних матеріалів. З метою прискорення процесу отримання готових залізобетонних конструкцій та економії фінансово-часових затрат бетон піддається тепловій обробці.

Процеси теплової обробки роблять істотний вплив на якість і собівартість виробів, які виробляють підприємства. Тому проведення теплотехнічного аналізу щодо теплової обробки у діючих апаратах при застосуванні різноманітних теплових агентів є цілком виправданим та актуальним завданням насамперед у сучасних економічних умовах з теперішніми цінами на енергоносії [1].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Відомо багато систем класифікації установок для тепловологої обробки залізобетонних виробів. Наприклад, періодичної та безперервної дії. До періодичної дії відносять: ямні та тунельні камери, автоклави, касетні установки, камери з підігріванням у полі індукційного струму і т.д. Безперервної дії – це такі як: тунельні, щілеві, вертикальні камери, пакетировщики, камери прокатних станів та ін. [2]. Але найбільший інтерес викликає термообробка у касетних теплових установках, які є найбільш уніфікованими з точки зору застосування різних теплоносіїв.

Сьогодні широко застосовується теплообробка за допомогою енергоносіїв таких, як: водяна пара, гаряча вода та мастило, суміш димових газів і навколишнього повітря (димонагрів), електронагрів, електропрогрів та ін. [3, 4]. Але найбільш розповсюдженими та доступними на підприємствах на сьогодні є водяна пара, продукти згоряння органічного палива та електричний струм. Тому аналіз проводився насамперед з цими теплоносіями.

**Невирішена частина проблеми.** Рівномірність теплової обробки в касетах дозволяє досягти розпалубочної міцності через 12 годин і тим самим збільшити оборотність до 2 разів на добу. У зв'язку з незначною площею відкритої поверхні бетону в касетах допускається висока швидкість підвищення температури. Режим теплової обробки залежить від виду бетону та виробу і визначається за технологічними

нормами. Наприклад, для стінової панелі  $6,06 \times 2,53 \times 0,14$  м з бетону марки 200 та об'ємною масою  $2000 \text{ кг/м}^3$  він наступний: підвищення температури до  $(90-95) \text{ }^\circ\text{C}$  – триває біля 4 годин, ізотермічна витримка при температурі  $(90-95) \text{ }^\circ\text{C}$  – біля 4 годин та охолодження (теплоносій не піддається) – біля 4 годин (рис. 1). Весь цикл теплової обробки виробів триває 12 годин [4].

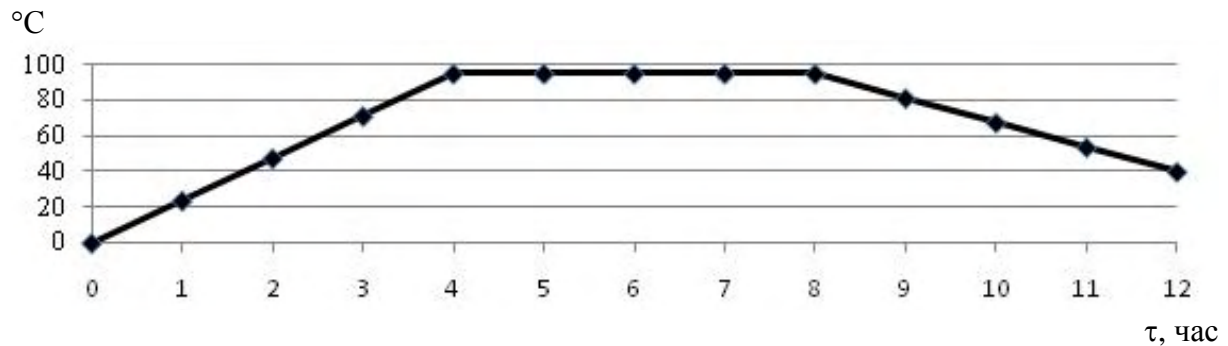


Рис. 1. Графік тепловологісної обробки залізобетонних виробів

**Мета роботи.** За допомогою розрахунків та практичних даних дослідити, який теплоносій є найбільш прийнятним з точки зору як енергетичних, так і економічних показників. Зокрема, розглядається та порівнюються три енергоносії для теплової обробки залізобетонних виробів, а саме: тепла обробка у касетних установках з паронагрівом, нагрівом продуктами згоряння природного газу та електронагрівом.

**Викладення основного матеріалу.** Дослідження проводились на базі касетної установки (рис. 2), яка використовується на «Публічному акціонерному товаристві «Курязький домобудівний комплекс», що виготовляє залізобетонні панелі різного призначення, з яких, зокрема, будуються цілі мікрорайони як у самому Харкові, так і за його межами (наприклад мікрорайон «Мобіль» у смт Пісочин, Харківської області).

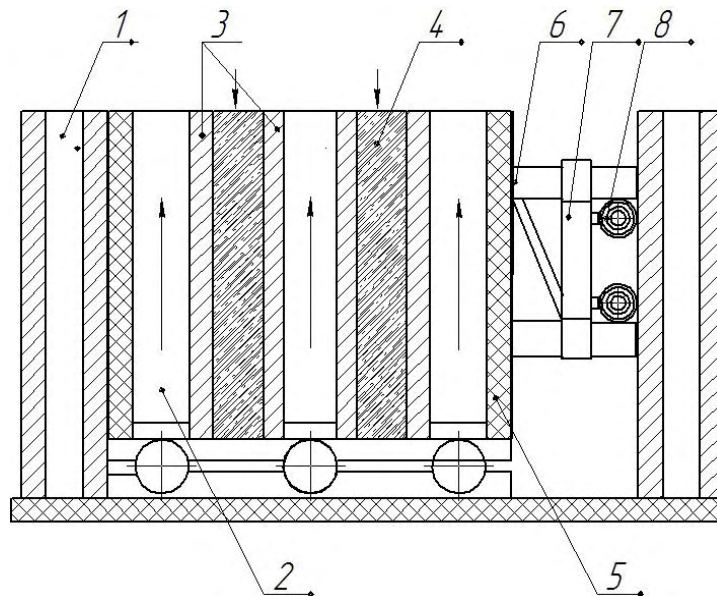


Рис. 2. Схема касетної установки:

- 1 – станина; 2 – відсік для подачі енергоносія; 3 – поділяюча стінка;  
 4 – відсіки для формування виробів; 5 – теплоізолюючі стінки; 6 – фіксуючі упори;  
 7 – механізм стиску; 8 – приводний механізм

Касетна установка – це пакет, який складається з 2–14 вертикальних форм, в яких відбувається формування бетонних виробів. Форми з обох боків мають відсіки для подачі енергоносія. Основними елементами є: дві крайні пусті стінки – нерухома та пересувна, комплект проміжних стінок, механізм для збирання та розсування форм. Рухома та нерухома стінки всередині розділені продольною перегородкою на два відсіки. Перший (крайній) заповнений теплоізоляційним матеріалом, другий є паровим. Проміжні форми мають також два відсіки, один з яких, робочий, є формою і заповнений бетонною сумішшю, інший – тепловий [5].

Загальною методикою для усіх трьох енергоносіїв було розрахування:

1) Питомої витрати теплоти

$$Q_{\text{пит}} = Q_{\text{уст}}/V_{\text{вир}}, \quad (1)$$

де  $V_{\text{вир}}$  – об’єм виробів, що перебувають у тепловій установці, м<sup>3</sup>;

$Q_{\text{уст}}$  – загальна витрата тепла установкою за цикл, кДж.

2) Витрати теплоти установкою за цикл

$$Q_{\text{уст}} = \Sigma Q_{\text{вир}}i, \quad (2)$$

де  $\Sigma Q_{\text{вир}}i$  – витрати тепла за відповідний період термообробки бетону ( $i = 1$  – нагрів виробів;  $i = 2$  – ізотермічна витримка виробів), кДж.

3) Витрати умовного палива за цикл теплової обробки, кг/цикл

$$B_{\text{ум.п.}} = \eta \frac{B_{\text{пр.г.}} Q_{\text{н}}^{\text{с}}}{Q_{\text{ум.п.}}}, \quad (3)$$

де  $B_{\text{пр.г.}}$  – витрата природного газу, нм<sup>3</sup>;

$Q_{\text{н}}^{\text{с}}$  – нижча теплоутворювальна здатність сухого природного газу, кДж/нм<sup>3</sup>;

$Q_{\text{ум.п.}}$  – теплоутворювальна здатність умовного палива, кДж/кг;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії системи теплогенерування.

4) Питома витрата умовного палива на 1 м<sup>3</sup> бетону, кг/м<sup>3</sup>

$$b_{\text{пит}} = B_{\text{ум.п.}}/V_{\text{вир}}, \quad (4)$$

де  $B_{\text{ум.п.}}$  – витрати умовного палива за цикл теплової обробки, кг/цикл;

$V_{\text{вир}}$  – об’єм виробів, що перебувають одночасно у тепловій установці, м<sup>3</sup>.

Отримані результати щодо визначення питомої витрати теплоти на одиницю бетону, витрата теплоти установкою за цикл тепловологісної обробки та питомі витрати умовного палива наведено у таблиці та проілюстровано на рис. 3.

Таблиця

Результати розрахунку

Вид обробки	Питома витрата теплоти, кДж/м <sup>3</sup>	Витрата теплоти установки, кДж/цикл	Питома витрата умовного палива, м <sup>3</sup> <sub>ум.п.</sub> /м <sup>3</sup> <sub>д.</sub>
паронагрів	347 058	7 912 924	5,13
димонагрів	253336	5 776 051	3,83
електронагрів	201 250	2 809 545	2,6

Розрахунки витрати умовного палива показали, що витрата умовного палива при використанні електронагріву, на 50 % нижча у порівнянні з паронагрівом – найбільшою витратою серед розглянутих нами енергоносіїв.

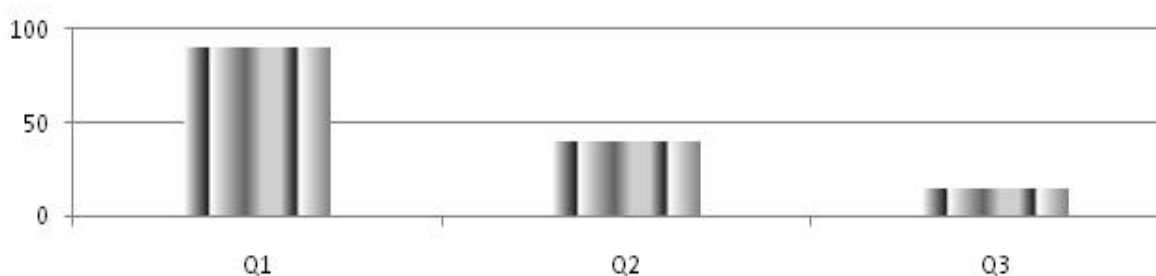


Рис. 3. Кількість теплоти, яку треба підводити у касетних установках до залізобетонних виробів за цикл тепловологісної обробки при застосуванні: водяної пари –  $Q_1$  (паронагрів), продуктів згоряння природного газу –  $Q_2$  (димонагрів) та електричного струму –  $Q_3$  (електронагрів)

Розрахунки собівартості теплової обробки залізобетонної стінової панелі розмірами 6,06×2,69×0,14 м з використанням різних видів енергоносіїв показали, що собівартість теплової обробки одиниці продукції з паронагрівом складає 1789 грн./плита, димонагрівом – 1335 грн./плита, а з електронагрівом 906 грн./плита.

**Висновки.**

Проведене дослідження дозволило виявити раціональний енергоносіє для термообробки залізобетонних виробів. Встановлено, що раціональним енергоносієм для тепловологісної обробки залізобетонних виробів у касетній установці з точки зору економічної ситуації є електричний струм з дією електронагріву.

**Список літератури:** 1. *Торопова, М.В.* Влияние тепловлажностной обработки на структурообразование и эксплуатационные свойства бетона [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Торопова Мария Владимировна. – Иваново, 2002. – 23 с. 2. *Кошельник, В.М.* Основи проектування теплотехнічних установок підприємств промисловості будівельних матеріалів [Текст]: навч. посіб. / В.М. Кошельник, Ю.В. Шульгін, О.В. Кошельник, В.В. Соловей. – Х: НТУ «ХП», 2010. – 200 с. 3. *Баженов, Ю.М.* Технология бетонных и железобетонных изделий [Текст] / Ю.М. Баженов, А.Г. Комар. – М.: Стройиздат, 1984. 4. *Перегудов, В.В.* Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и деталей [Текст] / В.В. Перегудов, М.И. Роговой. – М.: Стройиздат, 1983. – 420 с. 5. *Безверхий, А.А.* Изменение прочности бетонов во времени [Текст] / А.А. Безверхий // Технологии бетонов. – 2009. – № 5. – С. 24.

© Кошельник В.М., Шульгін Ю.В., Глинько О.І., 2012  
Надійшла до редколегії 15.02.12