

**БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ**

УДК 666.97.035.56

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОВОЛОГІСНОЇ ОБРОБКИ БЕТОННИХ ВИРОБІВ  
В ПРОПАРЮВАЛЬНІЙ КАМЕРІ З АЕРОДИНАМІЧНИМ НАГРІВАЧЕМ**

І. В. Коц, А. С. Моргун, В. І. Савуляк, О. П. Колісник, С. О. Жорноклей

*Виконано порівняння загальних витрат енергії традиційного технологічного процесу тепловологісної обробки бетонних виробів з витратами енергії на технологічний процес тепловологісної обробки бетонних виробів з використанням аеродинамічного нагрівача роторного типу на основі енергетичних балансів. Запропоновано матеріальний баланс пароповітряної суміші в пропарювальній камері з використанням аеродинамічного нагрівача роторного типу.*

*Выполнено сравнение общих расходов энергии традиционного технологического процесса тепловлажностной обработки бетонных изделий с расходами энергии на технологический процесс тепловлажностной обработки бетонных изделий с использованием аэродинамического нагревателя роторного типа на основе энергетических балансов. Предложен материальный баланс паровоздушной смеси в пропарочной камере с использованием аэродинамического нагревателя роторного типа.*

*Comparing of general charges of energy of traditional technological process of heat and moisture treatment of concrete wares is executed to the charges of energy on the technological process of heat and moisture treatment of concrete wares with the use of aerodynamic heater of ring-type on the basis of power balances. Material balance of heat and moisture mixture is offered in steam thoroughly chamber with the use of aerodynamic heater of ring-type.*

Однією з основних виробничих витрат при реалізації технологічного процесу тепловологісної обробки бетонних виробів є витрати на енергоресурси. На виробництві економія енергії можлива за рахунок її багаторазового використання [1]. Процеси тепломасообміну, які відбуваються в капілярно-пористих матеріалах, до яких відносяться бетонні вироби, детально описані системою диференціальних рівнянь в частинних похідних в працях [1-3]. На формування бетонних виробів впливають такі чинники [2]: тепломасообмін між виробом і пароповітряною сумішшю, формами виробів; тепловиділення при гідратації цементу.

**Метою роботи** є порівняння загальних витрат енергії традиційного технологічного процесу тепловологісної обробки бетонних виробів з витратами енергії на технологічний процес тепловологісної обробки бетонних виробів з використанням аеродинамічного нагрівача роторного типу на основі енергетичних та матеріальних балансів, а також аналіз матеріального балансу пароповітряного середовища в пропарювальній камері з аеродинамічним нагрівачем роторного типу для тепловологісної обробки бетонних виробів.

**Предмет дослідження** тепломасообмінні процеси, які відбуваються в пароповітряному середовищі пропарювальної камери з аеродинамічним нагрівачем роторного типу.

**Витрати енергії при тепловологісній обробці бетонних виробів**

Обстеження та дослідження елементів технологічних процесів (ТП) є важливою складовою управління, яке характеризує затрати матеріалів та енергоспоживання в той або інший період функціонування підприємства [1]. На рисунку наведено схеми порівняння енерговитрат при традиційному ТП тепловологісної обробки (ТВО) бетонних виробів (БВ) та ТП ТВО БВ в пропарювальній камері з використанням аеродинамічного нагріву роторного типу (АНРТ). Дані схеми допомагають визначити напрямки перевитрат енергоресурсів при ТП ТВО БВ.

Шляхи підвищення енергоефективності, згідно з [1]: підвищення показників окремих енергоємних робочих органів устаткування для ТВО, вторинне використання енергоресурсів, створення раціонального теплоенергетичного ТП ТВО БВ, динамічне регулювання процесів на базі повної автоматизації системи управління. В роботах [5, 6] було проаналізовано енергетичні та

ексергетичні потоки ТП ТВО БВ в ПК з АНРТ в даній роботі розглянемо матеріальний баланс ТП.

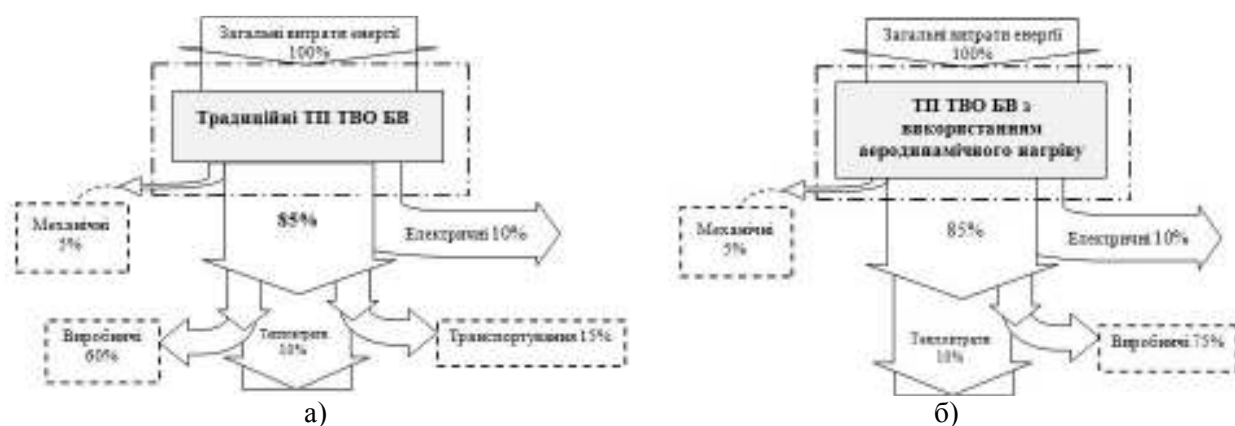


Рис. 1. Загальні витрати енергії при здійсненні: а) традиційних ТП ТВО БВ, б) ТП ТВО БВ з використанням аеродинамічного нагріву

### Матеріальний баланс пароповітряної суміші в пропарювальній камері

Зовнішній тепло- і масообмін визначає умови взаємодії пароповітряного середовища, яке створене в пропарювальній камері, та виробу, який піддається тепловологісній обробці. Згідно з [1] від умов взаємодії пароповітряного середовища з виробом залежить швидкість нагрівання виробу, ступінь зволоження його поверхні, а також температурне поле в камері для тепловологісної обробки бетонних виробів.

Пароповітряне середовище створюється безпосередньо в ПК, згідно з [7]. Перед початком роботи АНРТ та створення пароповітряного середовища в пропарювальній камері знаходиться повітря з температурою рівною температурі повітря у виробничому приміщенні, тиск в ній, якщо вона не повністю герметична, буде дорівнювати атмосферному [8]. З початком ТВО тиск в пропарювальній камері  $p^K$  дорівнюватиме атмосферному і буде складатись з парціального тиску водяної пари  $p_{П}$  та парціального тиску повітря  $p_{ПОВ}$ :

$$p^K = p_{П} + p_{ПОВ}, \quad (1)$$

Згідно з рівнянням Клапейрона-Менделєєва [1, 8] визначимо величини парціальних тисків для повітря та водяної пари

$$p_{П} = \frac{m_{П}^K R_{П} (t^K + 273)}{V^K}, \quad (2)$$

$$p_{ПОВ} = \frac{m_{ПОВ}^K R_{ПОВ} (t^K + 273)}{V^K}, \quad (3)$$

де  $m_{П}^K$ ,  $m_{ПОВ}^K$  – маса, відповідно, пари і повітря у робочому просторі пропарювальної камери, кг;

$V^K$  – об'єм робочого простору пропарювальної камери,  $m^3$ ;

$t^K$  – температура пароповітряної суміші у робочому просторі пропарювальної камери,  $^{\circ}C$ ;

$R_{П}$ ,  $R_{ПОВ}$  – газова стала, відповідно, пари і повітря, Дж/кг К.

Пара, потрапляючи на більш холодну поверхню, конденсується. На поверхні утворюється плівка конденсату товщиною  $\delta$ , поверхня при цьому нагрівається і її температура збільшується до величини температури пароповітряного середовища. Запишемо рівняння загального матеріального балансу пароповітряної суміші в пропарювальній камері:

$$m^K = m_{П}^K + m_{ПОВ}^K, \quad (4)$$

де  $m^K$  – маса пароповітряної суміші в робочому просторі пропарювальної камери, кг.

Враховуючи (4), визначимо масові концентрації повітря  $y_{П}^K$  і пари  $y_{ПОВ}^K$  в ПК з АНРТ.

$$y_{П}^K = \frac{m_{П}^K}{m^K}, \quad y_{ПОВ}^K = 1 - y_{П}^K. \quad (5)$$

На підставі вищенаведеного запишемо рівняння матеріального балансу для повітря пароповітряної суміші в робочому просторі пропарювальної камери:

$$\frac{dm_{\text{пов}}^K}{d\tau} = G^H + G^B. \quad (6)$$

де  $m_{\text{пов}}^K$  – початкова маса повітря в пароповітряній суміші робочого простору пропарювальної камери, кг;

$G^H$  – витрата повітря в пропарювальній камері, кг/с;

$G^B$  – витрата води, яка надходить в пропарювальну камеру, кг/с;

Розв'язання системи рівнянь (1-6) дає можливість визначати тиск та вологість пароповітряної суміші, а також дозволить, при підтримці автоматизованої системи управління, забезпечити досягнення вологості пароповітряної суміші, відповідної до технологічного регламенту, на кожному етапі ТП ТВО в ПК з АНРТ.

### Висновки

- В ході даної роботи було виконано порівняння загальних витрат енергії традиційного технологічного процесу тепловологісної обробки бетонних виробів з витратами енергії на технологічний процес тепловологісної обробки бетонних виробів з використанням аеродинамічного нагрівача роторного типу. Складено матеріальний баланс пароповітряної суміші в пропарювальній камері з аеродинамічним нагрівачем роторного типу, на підставі розв'язання систем рівнянь якого можна встановити раціональні параметри і режими технологічного процесу, які забезпечуватимуть підтримання температури та вологості пароповітряної суміші, відповідно до технологічного регламенту, на кожному етапі технологічного процесу тепловологісної обробки бетонних виробів в пропарювальній камері з аеродинамічним нагрівачем роторного типу.

### Використана літератури

1. Романюк В. Н. Основы эффективного энергоиспользования на производственных предприятиях дорожной отрасли / Романюк В. Н., Радкевич В. Н., Ковалев Я. Н. // Минск, 2001. – 287 с.
2. Электронная библиотека: Общие вопросы бетона [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.hydrobeton.ru>.
3. Баженов Ю. М. Технология бетона [Электронный ресурс]: [Учеб. пособие для технол. спец. строит. вузов. 2-е изд., перераб.] / Баженов Ю. М. – М. : Высш. шк., 1987. - 415 с. Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/65050/>.
4. Марьямов Н. Б. Тепловая обработка изделий на заводах сборного железобетона / Марьямов Н. Б. – М. : Стройиздат, 1970. – 272 с.
5. Сліпенька О. П. Енергозбереження при автоклавному оброблені будівельних виробів / Сліпенька О. П. // Вісник ВПІ – 2007. – № 4. – С. 24-27.
6. Коц І. В. Ексергетичний аналіз теплових процесів виготовлення будівельних виробів / І. В. Коц, О. П. Колісник // Науково-технічний збірник “Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві” – 2011. – № 1. – С. 46-48.
7. Патент 40453. МПК С04В 40/00 Пропарювальна камера/ О. П. Колісник, І. В. Коц – № u200812905; Заявлено 05.11.2008; Опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7.
8. Калицун В. И. Основы гидравлики и аэродинамики: Учебник для техникумов / В. И. Калицун, Е. В. Дроздов – М. : Стройиздат, 1980. – 247с.

**Коц Іван Васильович** – к.т.н., проф. кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету.

**Моргун Алла Серафимівна** – д.т.н., завідувач кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

**Валерій Іванович Савуляк** – д.т.н., завідувач кафедри технології підвищення зносостійкості Вінницького національного технічного університету.

**Колісник Олена Петрівна** – асистент кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету.

**Жорноклей Світлана Олександрівна** – студент Вінницького національного технічного університету.