

УДК 666.97.035.56

АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ТЕПЛОВОЛОГІСНОЇ ОБРОБКИ БЕТОННИХ ВИРОБІВ В ПРОПАРЮВАЛЬНІЙ КАМЕРІ З АЕРОДИНАМІЧНИМ НАГРІВАННЯМ

О. П. Колісник, А. В. Порхун

Однією з основних виробничих витрат при реалізації технологічного процесу тепловологісної обробки бетонних виробів є витрати на енергоресурси. При виготовленні бетонних виробів теплова обробка є одним з найбільш енергоємних етапів, при якій споживається близько 60 % від загальної кількості енерговитрат.

В статті пропонуються алгоритми управління технологічним процесом тепловологісної обробки бетонних виробів в пропарювальній камері з аеродинамічним нагрівачем роторного типу. Розроблено алгоритми для регулювання та підтримання заданих параметрів пароповітряного середовища: дросельний, якісний, комбінований. Складено блок-схеми алгоритмів управління технологічними етапами тепловологісної обробки.

Ключові слова: *тепловологісна обробка, пропарювальна камера, аеродинамічний нагрівач роторного типу, алгоритм управління, пароповітряне середовище, бетонні вироби.*

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПРОПАРОЧНОЙ КАМЕРЕ С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ НАГРЕВАНИЕМ

Е. П. Колесник, А. В. Порхун

Одной из основных производственных затрат при реализации технологического процесса тепловлажностной обработки бетонных изделий являются затраты на энергоресурсы. При изготовлении бетонных изделий тепловая обработка является одним из наиболее энергоемких этапов, при которой потребляется около 60 % от общего количества энергозатрат.

В статье предложены алгоритмы управления технологическим процессом тепловлажностной обработки бетонных изделий в пропарочной камере с аэродинамическим нагревателем роторного типа. Разработаны алгоритмы для регулировки и поддержания заданных параметров паровоздушной среды: дросельный, качественный, комбинированный. Составлено блок-схемы алгоритмов управления технологическими этапами тепловлажностной обработки.

Ключевые слова: *тепловлажностная обработка, пропарочная камера, аэродинамический нагреватель роторного типа, алгоритм управления, паровоздушная среда, бетонные изделия.*

ALGORITHM FOR PROCESS CONTROL THERMAL AND HUMIDITY TREATMENT OF CONCRETE PRODUCTS IN THE CURING CHAMBER WITH AERODYNAMIC HEATING

O. Kolisnyk, A. Porkhun

One of the major production costs in the implementation process of thermal and humidity treatment of concrete products is energy costs. When manufactured concrete products heat treatment is one of the most energy intensive stage at which consume about 60% of total energy consumption. The paper proposed algorithms process control thermal and humidity treatment of concrete products in curing chamber with aerodynamic rotor type heater. The algorithms for adjusting and maintaining the specified parameters vapor environment: butterfly, quality, combined. Done flowchart control algorithms process stage thermal and humidity treatment.

Keywords: *thermal and humidity treatment, curing chamber, aerodynamic rotor type heater, control algorithm, steamair environment, concrete products.*

Вступ

В галузі будівництва скорочення енерговитрат досягається в результаті застосування енергозберігаючих технологій та оптимізації складових технологічного процесу (ТП). Одним із способів виготовлення бетонних виробів (БВ) є тепловологісна обробка (ТВО). Весь цикл

тепловологісної обробки розподіляють на чотири періоди: попередня витримка, підігрів до максимальної температури, ізотермічна витримка, охолодження. Даний спосіб дозволяє створювати сприятливі умови для прискореного твердіння бетону та управління процесами твердіння [1].

За останні роки розроблено і впроваджено цілий ряд новітнього обладнання з метою вдосконалення існуючих систем управління технологічним процесом тепловологісної обробки бетонних виробів [2-3]. Незважаючи на це, враховуючи появу нового обладнання для більш якісного управління, подальше удосконалення автоматичної системи управління технологічним процесом тепловологісної обробки в пропарювальній камері з аеродинамічним нагріванням залишається актуальною задачею.

Метою роботи є розробка алгоритмів управління технологічним процесом тепловологісної обробки бетонних виробів в пропарювальній камері з аеродинамічним нагрівачем роторного типу.

Предметом дослідження є система управління технологічним процесом тепловологісної обробки бетонних виробів, що здійснюється в пропарювальній камері з аеродинамічним нагрівачем роторного типу (АНРТ).

Розробка алгоритмів управління ТП ТВО в ПК з АНРТ

Тривалість ТВО визначається необхідною міцністю виробів, їх товщиною, витратою цементу і його активністю, мінімальними приведеними витратами тощо. Під час кожного періоду тепловологісної обробки в пропарювальній камері повинне бути відповідне пароповітряне середовище з керованими параметрами (температура, вологість). Пароповітряне середовище, яке взаємодіє з бетонною сумішшю прискорює швидкість реакції гідратації, інтенсифікує тепловиділення цементу, що сприяє отриманню виробів із заданими фізико-механічними властивостями [5]. Для отримання якісних виробів необхідно дотримуватись відповідних режимів на всіх періодах технологічного процесу тепловологісної обробки бетонних виробів, а також оперативно управляти температурою і вологістю пароповітряного середовища з дотриманням заданої тривалості кожного періоду [7].

Система здійснює управління (вмикання/вимикання) теплогенеруючим пристроєм – АНРТ, який приводить в рух електродвигун. Відповідно до ТП ТВО автоматична система управління підтримує задані параметри пароповітряного середовища в ПК з АНРТ за рахунок:

- регулювання частоти обертів ротора аеродинамічного нагрівача;
- управління дистанційно керованою жалюзійною ґраткою яка регулює поперечний переріз всмоктуючого повітропроводу аеродинамічного нагрівача.

Розвиток автоматизації аеродинамічного нагріву на базі наукоємних математичних моделей дозволяє підвищити надійність операції тепловологісної обробки. Для регулювання теплового режиму агрегатів аеродинамічного нагріву розроблено ряд алгоритмів [6]: дросельний (рис. 1,а), якісний (рис. 1, б), комбінований (рис. 2, 3). Запропоновані алгоритми є досить гнучкими, що дозволяє використати їх під час розробки алгоритмів управління технологічним процесом тепловологісної обробки бетонних виробів в пропарювальній камері з аеродинамічним нагрівачем роторного типу. Для ілюстрації алгоритмів програмного управління ТП ТВО в ПК з АНРТ згідно дросельного та якісного алгоритмів використаємо блок-схеми, які наведено на рисунку 1.

Дросельний алгоритм. При дросельному регулюванні прохідний отвір жалюзійних ґраток закривається рядом приводних лопаток [5], які при цьому накладаються одна на одну. Лопатки отримують рух від приводу регулятора через приводний шток і перехідні ланки. У початковий момент часу жалюзійні ґратки повністю закриті ($\tau = 0$), АНРТ плавно набирає оберти до максимальної частоти обертання (n_{max}). Далі за кожен обчислювальний цикл відбувається регулювання швидкості нагріву (рис. 1, а). Поточна швидкість θ_n , порівнюється зі встановленою $\theta_{вст}$. Залежно від знаку і величини неузгодженості здійснюється зміна кута положення жалюзійних ґраток згідно наступних залежностей [6]:

$$\varphi_n = \varphi_{n-1} - k_1(\theta_n - \theta_{вст}), \quad \text{при } \theta_n > \theta_{вст} \quad (1)$$

$$\varphi_n = \varphi_{n-1} + k_1(\theta_{вст} - \theta_n), \quad \text{при } \theta_n < \theta_{вст} \quad (2)$$

де φ_n, φ_{n-1} – кут нахилу жалюзійних ґраток, відповідно, в поточний та попередній обчислювальні цикли;
 k_1 – коефіцієнт посилення сигналу неузгодженості за швидкістю нагрівання.

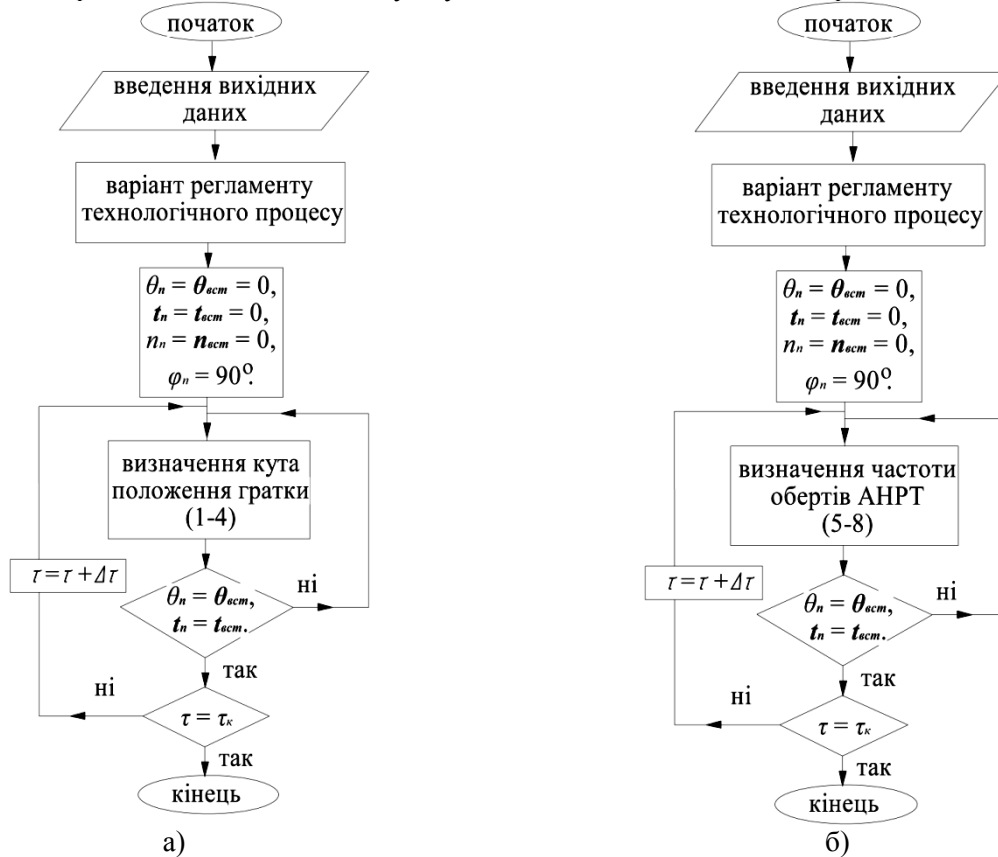


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму управління ТП ТВО БВ:
 а) блок-схема алгоритму управління за дросельним алгоритмом,
 б) блок-схема алгоритму управління за якісним алгоритмом

Досягнувши необхідної за технологією температури $t_{уст}$, закон регулювання кута ґрат здійснюється за наступними формулами [6]:

$$t_n = t_{n-1} - k_2(t_n - t_{уст}), \quad \text{при } t_n > t_{уст} \quad (3)$$

$$t_n = t_{n-1} + k_2(t_{уст} - t_n), \quad \text{при } t_n < t_{уст} \quad (4)$$

де t_n, t_{n-1} – температура пароповітряного середовища, відповідно, в поточний та попередній обчислювальні цикли;
 k_2 – коефіцієнт посилення сигналу неузгодженості за температурою пароповітряного середовища.

Якісний алгоритм. Якісний алгоритм забезпечує регулювання температури зміною частоти обертання двигуна (рис. 1, б). Алгоритм забезпечує програмне формування профілю температури в період нагрівання, ізотермічної витримки і охолодження. Відразу після завантаження сформованих виробів в пропарювальну камеру вмикається АНТР на частоту обертання $n_{поч}$ і певний час взагалі не здійснюється регулювання температури. Цей період називається адаптацією: робочий простір пропарювальної камери повинен прогрітися, контролер – отримати інформацію від сенсорів температури і пристосуватися до зовнішніх умов. Після закінчення періоду адаптації для кожного обчислювального циклу визначається дійсна швидкість нагрівання як різниця між поточною температурою в робочому просторі пропарювальної камери та її попереднім значенням. Ці значення порівнюються зі встановленою швидкістю нагріву $\theta_{уст}$.

Залежно від знаку і величини неузгодженості здійснюється зміна частоти обертання АНРТ згідно наступних залежностей [6]:

$$n_n = n_{n-1} - k_1(\theta_n - \theta_{вст}), \quad \text{при } \theta_n > \theta_{вст} \quad (5)$$

$$n_n = n_{n-1} + k_1(\theta_{вст} - \theta_n), \quad \text{при } \theta_n < \theta_{вст} \quad (6)$$

де n_n, n_{n-1} – частота обертання нагрівача у даний момент часу і в попередній обчислювальний цикл.

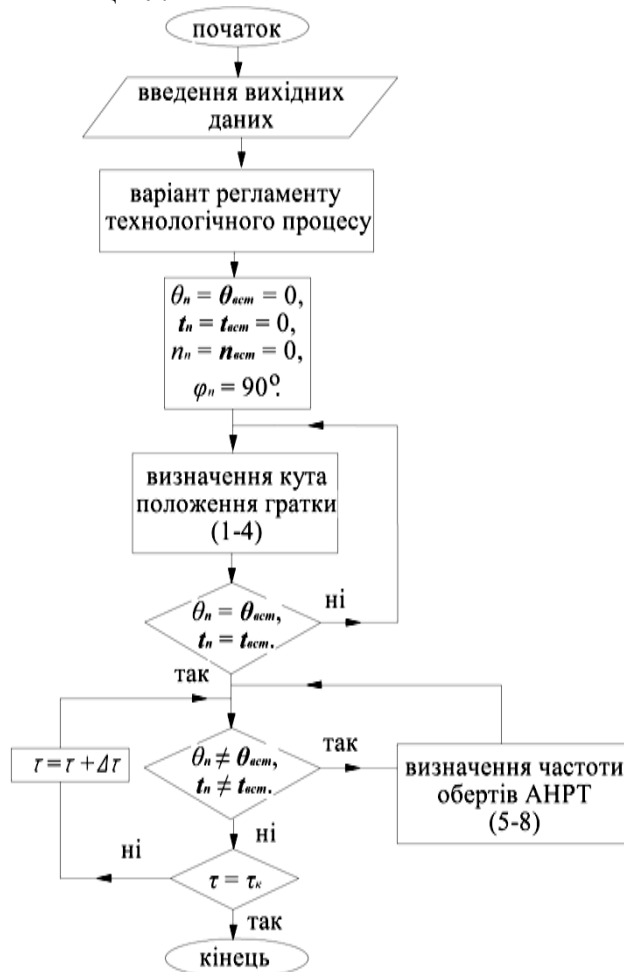


Рисунок 2 – Блок-схема управління ТП ТВО БВ згідно комбінованого алгоритму № 1

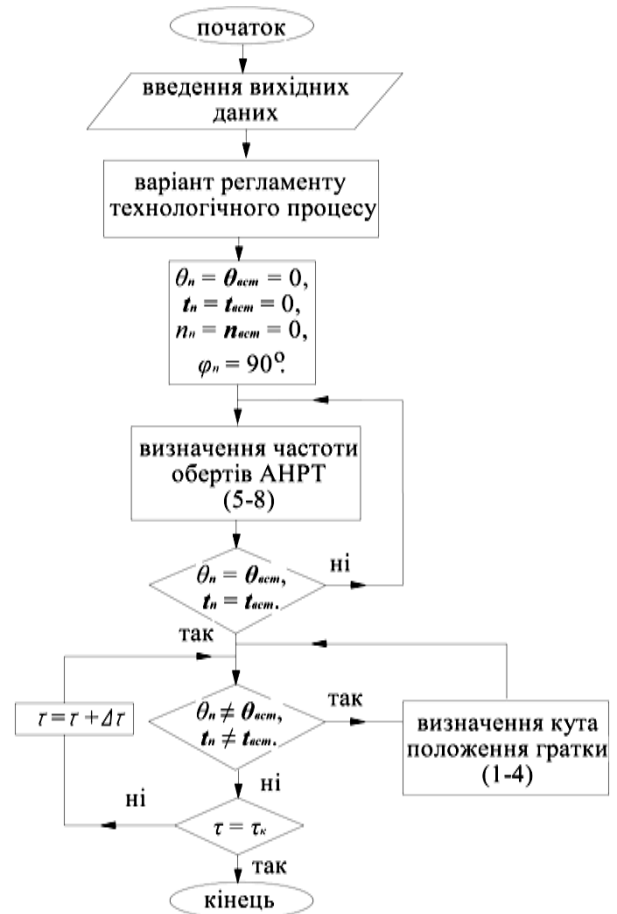


Рисунок 3 – Блок-схема управління ТП ТВО БВ згідно комбінованого алгоритму № 2

Після досягнення заданого значення температури розрахунок поточної швидкості обертання АНРТ здійснюється за наступними формулами [6]:

$$n_n = n_{n-1} - k_3(t_n - t_{вст}), \quad \text{при } t_n > t_{вст} \quad (7)$$

$$n_n = n_{n-1} + k_3(t_{вст} - t_n), \quad \text{при } t_n < t_{вст} \quad (8)$$

де k_3 – коефіцієнт посилення помилки за неузгодженням температури; $t_n, t_{вст}$ – поточна і задана температура після досягнення заданого значення температури.

Регулювання температури в період охолодження – програмно-кероване, аналогічне періоду нагрівання.

Комбінований алгоритм. Комбінований алгоритм програмного регулювання поєднує елементи дросельного і якісного управління, розглянутих раніше:

- алгоритм № 1 забезпечує пошук максимально можливого кута відкриття жалюзійних ґраток за відсутності перевантаження за струмом асинхронного двигуна. Подальший процес регулювання швидкості наростання температури відбувається згідно залежностей якісного алгоритму (рис. 2);
- алгоритм №2 спочатку регулює частоту обертання роторних нагрівачів максимально допустимим струмом двигуна, потім процес регулювання швидкості наростання температури відбувається відповідно до залежностей дросельного алгоритму (рис. 3).

Висновки

- Система автоматизованого управління технологічним процесом тепловологісної обробки в пропарювальній камері з використанням аеродинамічного нагрівача роторного типу забезпечує нагрівання, ізотермічну витримку та охолодження, із заздалегідь заданим часом, швидкістю нагріву та температурою для кожного періоду технологічного процесу. В основу системи управління технологічним процесом тепловологісної обробки бетонних виробів, відповідно до заданого технологічного регламенту, покладено принцип безперервного контролю температури, стану виконавчих пристроїв одночасно за всіма об'єктами регулювання і управління згідно заданих режимів.
- Зменшення споживаної потужності і економія електроенергії досягається в результаті оптимізації роботи приводу за допомогою регулювання швидкості обертання ротора АНРТ. При зниженні швидкості знижуються також тиск і механічне навантаження на деталі машини. Усе це збільшує термін служби устаткування, скорочує потребу в ремонті і знижує витрати на технічне обслуговування пропарювальної камери.

Використана література

1. Строительство и реконструкция. [Електронний ресурс]: – Режим доступу – <http://www.stroymart.com.ua/ru/publications>.
2. Патент 2297025. МКИ G05D 27/00. Способ автоматизированного управления процессом тепловой обработки бетона в условиях открытой строительной площадки / Н. М. Плотников, А. М. Киргизов – № 2005122237/28; Заявлено 2005.07.13; Опубл. 2007.04.10.
3. Москвіна С. М. Проблеми оптимізації управління технологічним процесом виготовлення цегли / Москвіна С. М., Ковалюк Д. О. // Вісник ХНУ. – 2005. – №5. – С. 121-125.
4. Внедренные и действующие АСУ технологическими процессами и энергосберегающие. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.uralreg.ru>.
5. Патент 40453. МПК C04B 40/00 Пропарювальна камера/ О. П. Колісник, І. В. Коц – № u200812905; Заявлено 05.11.2008; Опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7.
6. Векторная оптимизация регулирования температуры процесса аэродинамического нагрева [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.plcsystems.ru/article/detail>.
7. Колісник О. П. Управління процесом тепловологісної обробки будівельних виробів / О. П. Колісник, І. В. Коц // Вісник ВПІ. – 2008. – № 6. – С. 73-77.

Колісник Олена Петрівна – аспірант кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету.

Порхун Анна Василівна – студент, кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету.

Колесник Елена Петровна – аспірант кафедри теплогазоснабження Вінницького національного технічного університету.

Порхун Анна Васильевна – студент кафедри теплогазоснабження Вінницького національного технічного університету.

Kolisnyk Olena – postgraduate student, Heat and Gas Supply Department, Vinnytsia National Technical University.

Porkhun Anna – student, Heat and Gas Supply Department, Vinnytsia National Technical University.