



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61151 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
A22C 11/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВАРКИ КОВБАС В ТЕРМІЧНІЙ КАМЕРІ

1

(21) u201015346

(22) 20.12.2010

(24) 11.07.2011

(46) 11.07.2011, Бюл.№ 13, 2011 р.

(72) ПОЯН ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ, ПАВЛОВ  
АРТУР ІВАНОВИЧ

(73) ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАР-  
ЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

(57) Спосіб автоматичного керування процесом варки ковбас в термічній камері, що передбачає вимірювання температури в термокамері та її регулювання й вимірювання відносної вологості в термокамері та її регулювання, який **відрізняється** тим, що додатково вимірюють температуру пароповітряної суміші в робочій зоні термокамери і

2

регулюють її, шляхом зміни витрат пароповітряної суміші для підігріву і шляхом зміни потужності електричного нагрівача, вимірюють відносну вологість пароповітряної суміші в робочій зоні термокамери і регулюють її, шляхом зміни витрат пари для зволоження і шляхом зміни потужності електричного нагрівача, додатково компенсують вплив контуру регулювання відносної вологості в термокамері на канал регулювання температури пароповітряної суміші в камері за допомогою міжрегуляторного перехресного зв'язку типу статичної ланки першого порядку з запізненням, а також додатково використовують нейронний регулятор в каналі регулювання температури пароповітряної суміші.

Корисна модель належить до техніки регулювання температурно-вологого режиму в процесі термічної обробки варених ковбасних виробів. Запропонований спосіб знайде використання в м'ясному виробництві при виготовленні варених ковбас.

Відомі різноманітні способи регулювання температурно-вологого режиму в процесі термічної обробки ковбасних виробів, які відрізняються кількістю регульованих параметрів та способами керування.

Відомий спосіб автоматичного регулювання температурного режиму в процесі варки ковбасних виробів в пароварильній камері, який передбачає регулювання температури в камері, за допомогою ізодромного ПІ-регулятора, який керує роботою виконавчого механізму, який установлений на лінії подачі пари в камеру [Пелеєв А.И., Бражников А.М., Гаврилова В.А. Тепловое оборудование колбасного производства. - Москва: Пищевая промышленность, 1970. - С. 371, рис. 201]. Для стабілізації збурень передбачено установку регулятора тиску на лінії подачі пари в камеру. Схемою передбачений контроль кількості пари.

Такий спосіб регулювання не передбачає регулювання вологості в камері, що не дає змогу забезпечити постійне її підтримання на заданих значеннях, що призводить до втрати маси продук-

ту. Також даний спосіб не передбачає контроль тривалості процесу термічної обробки ковбасних виробів і контроль готовності ковбаси, що ускладнює процес керування пароварильною камерою і може призвести до погіршення якості продукції, витрат великої кількості пари, збільшення собівартості виробництва.

Також відомий спосіб регулювання температурного режиму в процесі термічної обробки ковбасних виробів у пароварильній камері, що передбачає контроль тривалості процесу варки та регулювання температури в камері [Пелеєв А.И., Бражников А.М., Гаврилова В.А., Тепловое оборудование колбасного производства. - Москва: Пищевая промышленность, 1970. - С. 372, рис. 202].

Недоліком даного способу є відсутність можливості регулювання вологості в камері і відповідно температури в геометричному центрі ковбасних виробів. При використанні даного способу велика ймовірність того, що ковбасні вироби можуть бути переварені або недоварені, оскільки температура в центрі батону не досягне заданого значення або його перевищить.

Також відомий спосіб регулювання температурного режиму в процесі термічної обробки ковбасних виробів у пароварильній камері, що передбачає сигналізацію про закінчення процесу по температурі в геометричному центрі ковбасних

(19) UA (11) 61151 (13) U

виробів. Готовність ковбаси контролюється регулятором температури, датчик якої знаходиться в центрі одного з батонів. Температура в геометричному центрі ковбаси повинна досягати заданого значення. При виконанні даної умови вмикається звукова сигналізація і виконавчий механізм перекриває парову лінію і процес варки завертається [Пелеєв А.И., Бражников А.М., Гаврилова В.А., Тепловое оборудование колбасного производства. - Москва: Пищевая промышленность, 1970. - С. 372, рис. 203].

Недоліками цього способу є відсутність регулювання вологості в камері, що призводить до втрати маси продукції. Також контролюється лише температура всередині батона та лише одного виробу. Це не гарантує досягнення заданої температури всередині інших батонів ковбаси, що не забезпечує відповідної якості готової продукції.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб регулювання температурно-вологого режиму в процесі термічної обробки ковбасних виробів у термокамері, який має два контури керування: вимірювання температури в камері та регулювання її, шляхом зміни витрат енергоносія й вимірювання відносної вологості в камері та регулювання її, шляхом зміни витрат води на зволоження [Патент України №44926, МПК A22C 11/00, Спосіб автоматичного керування процесом варіння ковбас у термокамері / Левінський В.М., Гурський А.П.; заявл. 30.03.2009; опубл. 26.10.2009. Бюл. №7, 2009].

Недоліком даного способу є некомпенсованість фізично існуючих взаємних збурень контурів автоматичного регулювання із впливом зовнішніх збурень, що постійно діють на об'єкт керування в реальних умовах експлуатації. Результатом цього є низька динамічна точність системи керування, що призводить до зниження якості керування і збільшення собівартості продукту.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення способу автоматичного регулювання температурно-вологого режиму в процесі термічної обробки ковбасних виробів і підвищення динамічної точності керування процесом варки ковбас.

Поставлену задачу вирішено в запропонованому способі, що передбачає вимірювання температури в термокамері та її регулювання й вимірювання відносної вологості в термокамері та її регулювання, згідно корисної моделі він додатково вимірює температуру пароповітряної суміші в робочій зоні термокамери і регулює її, шляхом зміни витрат пароповітряної суміші для підігріву і шляхом зміни потужності електричного нагрівача, вимірює відносну вологість пароповітряної суміші в робочій зоні термокамери і регулює її, шляхом зміни витрат пари для зволоження і шляхом потужності електричного нагрівача, додатково компенсують вплив контуру регулювання відносної вологості в термокамері на канал регулювання температури пароповітряної суміші в термокамері за допомогою міжрегуляторного перехресного зв'язку типу статичної ланки першого порядку з запізненням, що призводить до покращення якості керування. Додатково використовують в каналі

регулювання температури пароповітряної суміші нейронний регулятор, що покращує динамічну точність керування процесом.

На кресленні приведено структурну схему запропонованого способу автоматичного керування, який реалізується наступним чином.

Сигнал з виходу суматора 1 - поточне значення регульованої змінної - температура пароповітряної суміші  $\theta_{\text{ппс}}$  в робочій зоні термокамери - надходить на суматор 2, де віднімається від заданого значення регульованої змінної -  $\theta_{\text{ппс}}^{\text{зд}}$ . Сигнал похибки регулювання  $\varepsilon_{\theta_{\text{ппс}}}$  надходить на вхід нейронного регулятора 3, що являє собою штучну нейронну мережу з п'яти нейронів, розподілених в три ряди. Також на вхід нейронного регулятора поступають сигнали від суматора 1, сигнали неконтрольованих збурень  $f_{n1}$  і  $f_{n2}$ , сигнал заданого значення регульованої змінної -  $\theta_{\text{ппс}}^{\text{зд}}$ . На виході регулятора формується сигнал керуючої дії  $u_1$ , який в суматорі 4 сумується з сигналом неконтрольованих збурень  $f_{n1}$ , які діють на об'єкт. Сигнал з виходу суматора 4 надходить на об'єкт 5. Положенням регулюючого органу подачі пари і повітря, зміною потужності електричного нагрівача, що зумовлює підтримання температури пароповітряної суміші в робочій зоні камери на регламентному рівні керує нейронний регулятор 3. Сигнал з виходу об'єкта 5 надходить на суматор 1, куди також надходить сигнал з виходу блоку 6.

Сигнал з виходу суматора 7 - поточне значення регульованої змінної - вологості пароповітряної суміші  $\gamma_{\text{ппс}}$  в робочій зоні термокамери - надходить на суматор 8, де віднімається від заданого значення регульованої змінної -  $\gamma_{\text{ппс}}^{\text{зд}}$ .

Сигнал похибки регулювання  $\varepsilon_{\gamma_{\text{ппс}}}$  надходить на вхід регулятора 9. На виході регулятора формується сигнал керуючої дії  $u_2$ , який в суматорі 10 сумується з сигналом неконтрольованих збурень  $u_2$ , які діють на об'єкт. Сигнал надходить на об'єкт 11. Зміною витрат пари для зволоження, зміною потужності електричного нагрівача, зумовлює підтримання вологості пароповітряної суміші в робочій зоні камери на заданих значеннях керує регулятор 9. Сигнал з виходу об'єкта 11 надходить на суматор 7.

Сигнал з виходу суматора 10 через перехресний зв'язок 12 також надходить на вхід суматора 1 і одночасно сигнал з виходу суматора 10 через міжрегуляторний зв'язок 12 надходить на суматор 2, цим самим впливаючи на температуру пароповітряної суміші в робочій зоні термокамери.

Для високоякісної компенсації перехресного зв'язку між каналом регулювання температури і каналом регулювання вологості пароповітряної суміші в робочій зоні камери, передатні функції міжрегуляторного корегуючого зв'язку 12- $W_{12}(p)$  і перехресного зв'язку 6 -  $W_6(p)$  повинні мати таку структуру:

$$W_6(p) = \frac{k_6 \cdot e^{-\tau_{n6} p}}{(T_6 p + 1)^2}, \quad W_{12}(p) = \frac{k_{12} \cdot p \cdot e^{-\tau_{mk12} p}}{(T_{12} p + 1)^2},$$

де  $W_6(p)$  - передатна функція перехресного зв'язку за каналом  $u_2 - \theta_{\text{ппс}}$ ;

$W_{12}(p)$  - передатна функція міжрегуляторного корегуючого зв'язку, яка забезпечує автономність першого контуру відносно другого;

$p = \frac{d}{dt}$  - оператор диференціювання;

$k_6$  - коефіцієнт передачі перехресного зв'язку;

$T_6$  - постійна часу перехресного зв'язку, с;

$\tau_n$  - час запізнення перехресного зв'язку, с;

$k_{12}$  - коефіцієнт передачі міжрегуляторного корегуючого зв'язку;

$T_{12}$  - постійна часу міжрегуляторного корегуючого зв'язку, с;

$T_{mk}$  - час запізнення міжрегуляторного корегуючого зв'язку, с.

Розрахунок передаточних функцій міжрегуляторного корегуючого зв'язку  $W_{12}(p)$  і перехресного зв'язку  $W_6(p)$  був проведений з урахуванням передаточних функцій об'єктів керування 5 і 11 та привів до таких рівнянь функції  $W_{12}(p)$  і  $W_6(p)$ :

$$W_{12}(p) = -\frac{83,72p \cdot e^{-6p}}{461 \cdot p + 1} \quad W_6(p) = \frac{0,5 \cdot e^{-48,6p}}{(93,6p + 1)^2}.$$

Імітаційне моделювання на ЕОМ показало ефективність запропонованого способу керування, використання якого дозволяє підтримувати температуру пароповітряної суміші і відносну вологість пароповітряної суміші на заданих значеннях, скоротити витрати енергоресурсів, а також забезпечити високу динамічну точність керування процесом.

