



УКРАЇНА

(19) UA (11) 30456 (13) U  
(51) МПК (2006)  
F26B 25/22

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 СУШІННЯ ЕКСТРАКТУ КАВИ В РОЗПИЛЮВАЛЬНІЙ СУШАРЦІ

1

2

(21) u200712526

(22) 12.11.2007

(24) 25.02.2008

(72) СТЕПАНОВ МИХАЙЛО ТИМОФІЙОВИЧ, UA,  
БІЛЯЄВА ОЛЬГА ПАВЛІВНА, UA

(73) ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, UA

(56)

(57) Спосіб автоматичного керування процесом сушіння екстракту кави, що складається з вимірювання температури сушильного агента на вході і виході з сушарки, вимірювання температури екстракту кави перед розпилюванням, вимірювання розрідження в топці та в конусі сушарки, регулювання температури сушильного агента на вході в сушарку шляхом зміни витрат палива на горіння в топці, регулювання розрідження в топці шляхом зміни продуктивності димососа, регулювання розрідження в конусі сушарки шляхом зміни продуктивності витяжного вентилятора, який відрізняється тим, що

додатково вимірюють вологість екстракту кави перед розпилюванням і пропорційно здобутому значенню змінюють витрати сушильного агента на вході в сушарку, регулюють температуру сушильного агента на виході з сушарки шляхом зміни витрат сушильного агента на вході в сушарку, розраховують гранично припустиме задане значення температури сушильного агента на вході в сушарку, розраховують гранично припустиме задане значення температури сушильного агента на виході з сушарки, вимірюють витрати палива на горіння в топці і пропорційно сумі результату цього вимірювання, його інтегралу та диференціалу змінюють витрати сушильного агента на вході в сушарку, вимірюють витрати сушильного агента на вході в сушарку і пропорційно сумі результату цього вимірювання, його інтегралу та диференціалу змінюють витрати палива на горіння в топці і продуктивність витяжного вентилятора сушарки.

Корисна модель відноситься до техніки сушіння рідких продуктів і може знайти застосування в харчоконцентратній, молочно переробній та інших галузях промисловості.

Відомі різноманітні способи автоматичного управління процесом сушіння рідких продуктів в розпилювальній сушарці, які відрізняються кількістю регульованих параметрів та методами управління.

Відомий спосіб автоматичного управління процесом сушіння згущеного молока в розпилювальній сушарці, який передбачає вимірювання температури сушильного агента на вході в сушарку, вимірювання температури сушильного агента на виході з сушарки, вимірювання температури продукту перед розпилюванням, вимірювання розрідження в топці та в конусі сушарки, регулювання температури сушильного агента на вході в сушарку шляхом зміни витрат палива на горіння в топці, регулювання температури сушильного агента на

виході з сушарки шляхом зміни витрат продукту на розпилювання, регулювання розрідження в топці шляхом зміни продуктивності димососа, регулювання розрідження в конусі в конусі сушарки шляхом зміни продуктивності витяжного вентилятору [Автоматизация технологических процессов производства молочных консервов./ Брусилловский Л.П., Вайнберг А.Я. -М.: Пищевая промышленность, 1975. - с.80-83]. Такий спосіб не реалізує гарантуюче управління, яке підтримує регульовані параметри технологічного процесу поблизу їх граничних значень, відповідних більш ефективним режимам роботи сушарки, не компенсує взаємні зв'язки між контурами керування і вплив природних збурювань, що постійно діють на об'єкт управління в реальних умовах експлуатації, а також регулювання температури сушильного агента на виході з сушарки здійснюється за рахунок зміни витрат екстракту, що не дозволяє зменшити енергоємність сушарки, це, в свою чергу,

(13) U

(11) 30456

(19) UA

призводить до перевитрат палива на сушку. Результатом цього є низька динамічна точність системи управління, що призводить до зниження якості і збільшення собівартості готового продукту.

Відомий також спосіб автоматичного управління процесом розпилювального сушіння шляхом вимірювання температури свіжого й відпрацьованого сушильного агента, вологості початкової суспензії, стабілізації температури свіжого сушильного агента зміною подачі теплоносія й температури відпрацьованого сушильного агента зміною витрати початкової суспензії, причому завдання на стабілізацію зазначених параметрів визначають за критерієм оптимальності [Авторське свідоцтво №1296805, МПК F26 B25/22, 1987]. Тут з метою підвищення точності керування й забезпечення вибухобезпечних умов проведення процесу сушіння, додатково визначають концентрацію пилу у відпрацьованому сушильному агенті та гранично припустиме значення температури останнього залежно від вологості початкової суспензії. В якості критерію оптимальності при цьому приймають відхилення вказаних величин від своїх граничних значень. Такий спосіб не компенсує взаємні зв'язки між контурами керування і вплив природних збурювань, що постійно діють на об'єкт управління в реальних умовах експлуатації, а також регулює температуру сушильного агента на виході з сушарки за рахунок зміни витрат екстракту, що не дозволяє зменшити енергоємність сушарки, це, в свою чергу, призводить до перевитрат палива на сушку. Результатом цього є низька динамічна точність системи управління, що призводить до зниження якості і збільшення собівартості готового продукту.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб автоматичного управління процесом розпилювального сушіння шляхом вимірювання температури сушильного агента на вході в сушарку, вимірювання температури сушильного агента на виході з сушарки, вимірювання температури продукту перед розпилюванням, вимірювання розрідження в топці та в конусі сушарки, регулювання температури сушильного агента на вході в сушарку шляхом зміни витрати палива на горіння в топці, регулювання температури сушильного агента на виході з сушарки шляхом зміни витрати продукту на розпилювання, регулювання розрідження в топці шляхом зміни продуктивності димососа, регулювання розрідження в конусі сушарки шляхом зміни продуктивності витяжного вентилятора [Патент на корисну модель №26107, МПК F26 B25/22, 2006]. Тут з метою підвищення точності керування додатково вимірюють витрату палива на горіння в топці і пропорційно сумі результату цього вимірювання, його інтегралу та диференціалу одночасно змінюють витрату екстракту кави на розпилювання в сушарці і продуктивності витяжного вентилятора сушарки, а пропорційно здобутому вимірюванням значенню температури екстракту кави перед розпилюванням змінюють витрату вказаного екстракту кави.

Недоліками даного способу є відсутність гарантуючого управління, яке підтримує температуру сушильного агента на вході в сушарку і температуру сушильного агента на виході з сушарки поблизу їх граничних значень, відповідних більш ефективним режимам роботи сушарки. Даний спосіб не враховує вологість продукту перед розпилюванням, що призводить до зниження динамічної точності системи регулювання і в результаті до зниження якості готової продукції, регулювання температури сушильного агента на виході з сушарки реалізується за рахунок зміни витрат екстракту, що не дозволяє зменшити енергоємність сушарки, це, в свою чергу, призводить до перевитрат палива на сушку.

В основу корисної моделі покладена задача підвищення якості розчинної кави і зменшення витрат палива шляхом підтримування температур сушильного агента на вході та на виході з сушарки поблизу їх граничних значень, розрідження в топці та в сушарці на заданих значеннях з одночасним підвищенням динамічної точності системи управління.

Поставлена задача вирішена в спосіб автоматичного управління процесом сушіння екстракту кави в розпилювальній сушарці, що передбачає вимірювання температури сушильного агента на вході в сушарку, вимірювання температури сушильного агента на виході з сушарки, вимірювання температури продукту перед розпилюванням, вимірювання розрідження в топці та в конусі сушарки, регулювання температури сушильного агента на вході в сушарку шляхом зміни витрат палива на горіння в топці, регулювання температури сушильного агента на виході з сушарки шляхом зміни витрат сушильного агента на вході в сушарку, регулювання розрідження в топці шляхом зміни продуктивності димососу, регулювання розрідження в конусі сушарки шляхом зміни продуктивності витяжного вентилятора, додатково вимірюють вологість продукту перед розпилюванням, підтримують температуру сушильного агента на вході в сушарку і температуру сушильного агента на виході з сушарки поблизу їх граничних значень, вводять корегуючі зв'язки.

Використання запропонованої структури системи автоматичного управління дає можливість додатковим вимірюванням вологості продукту перед розпилюванням компенсувати зовнішні збурювання, що постійно діють на об'єкт управління в реальних умовах експлуатації, введенням корегуючих зв'язків забезпечити незалежність між собою каналів регулювання температури сушильного агента на вході в сушарку, температури сушильного агента на виході з сушарки і розрідження в конусі сушарки, введенням блоків розрахунку, що гарантують задані значення температури сушильного агента на вході в сушарку і температури сушильного агента на виході з сушарки, і блоків розрахунку статистичних оцінок реалізувати гарантуюче

управління, що забезпечує найбільш ефективні режими роботи сушарки.

На Фіг.1 приведена блок-схема запропонованого способу автоматичного управління, який реалізується наступним чином.

Поточну температуру сушильного агенту на вході в сушарку, яка представляє собою об'єкт управління ОУ, вимірюють за допомогою датчика температури 1. Вихідний сигнал датчика 1 віднімають в суматорі 2 від заданого допустимого

значення  $T_{ca1}^{зд}$ , сигналу блоку розрахунку 3, гарантуючого задане значення цієї температури. Отриманий сигнал розбалансу  $\varepsilon_1$  направляють в блок розрахунку статистичних оцінок 4, який виробляє сигнал оцінки середньоквадратичного відхилення температури сушильного агенту на вході в сушарку  $\sigma_{Tca1}$  та сигнал оцінки середньоквадратичного відхилення її похідної  $\dot{\sigma}_{Tca1}$ . Сигнали  $\sigma_{Tca1}$  і  $\dot{\sigma}_{Tca1}$  направляють в блок

3, отримуючи сигнал  $T_{ca1}^{зд}$ . Сигнал  $\varepsilon_1$  направляють в суматор 5. Отриманий сигнал розбалансу  $\varepsilon_2$  направляють в регулятор 6, що за допомогою виконавчого механізму 7 та регулюючого органу 8 виробляє сигнал управління U1, який змінює витрати палива на горіння в топці пропорційно сумі значень  $\varepsilon_2$ , інтегралу та диференціалу від  $\varepsilon_2$ . Зміна витрат палива змінює температуру димових газів на виході топки, що в результаті теплообміну в поверхневому калорифері призводить до відповідної зміни температури сушильного агенту  $T_{ca1}$  на вході в сушарку (повітря, що направляють в зону сушіння сушарки крізь калорифер).

Для підтримки процесу горіння в топці регулюють розрідження  $P_T$  шляхом зміни продуктивності димососа по сигналу датчика розрідження 9. При цьому вихідний сигнал датчика 9 віднімають в суматорі 10 від сигналу задатчика розрідження 11 і здобутий сигнал розбалансу  $\varepsilon_{PT}$  направляють в регулятор розрідження 12. Регулятор 12 виробляє сигнал управління  $U_{PT}$ , який за допомогою частотного перетворювача 13 змінює пропорційно значенню  $\varepsilon_{PT}$  продуктивність димососу топки.

Поточну температуру сушильного агенту на виході з сушарки вимірюють за допомогою датчика температури 14. Вихідний сигнал датчика 14 віднімають в суматорі 15 від заданого допустимого

значення  $T_{ca2}^{зд}$ , сигналу блоку розрахунку 16, гарантуючого задане значення цієї температури. Отриманий сигнал розбалансу  $\varepsilon_3$  направляють в блок розрахунку статистичних оцінок 17, який виробляє сигнал оцінки середньоквадратичного відхилення температури сушильного агенту на вході в сушарку  $\sigma_{Tca2}$  та сигнал оцінки середньоквадратичного відхилення її похідної  $\dot{\sigma}_{Tca2}$ . Сигнали  $\sigma_{Tca2}$  і  $\dot{\sigma}_{Tca2}$  направляють в блок

16, отримуючи сигнал  $T_{ca2}^{зд}$ . Сигнал  $\varepsilon_3$

направляють в суматор 18. Отриманий сигнал розбалансу  $\varepsilon_4$  направляють в регулятор 19, що за допомогою виконавчого механізму 20 та регулюючого органу 21 виробляє сигнал управління U2, який змінює витрати сушильного агенту на вході в сушарку пропорційно сумі значень  $\varepsilon_4$ , інтегралу та диференціалу від  $\varepsilon_4$ . Вказані зміни витрат сушильного агенту на вході в сушарку змінюють поточне значення температури сушильного агенту на виході з сушарки, забезпечуючи потрібну якість готового продукту.

Поточне значення розрідження  $P_p$  в конусі сушарки вимірюють за допомогою датчика 22, вихідний сигнал якого, отримуючи сигнал розбалансу  $\varepsilon_5$ , віднімають в суматорі 23 від заданого задатчиком 24. Отриманий сигнал  $\varepsilon_5$  направляють в регулятор 25, що за допомогою частотного перетворювача 26 виробляє сигнал управління U3 і змінює продуктивність витяжного вентилятора сушарки пропорційно сумі значень  $\varepsilon_5$ , інтегралу та диференціалу від  $\varepsilon_5$ .

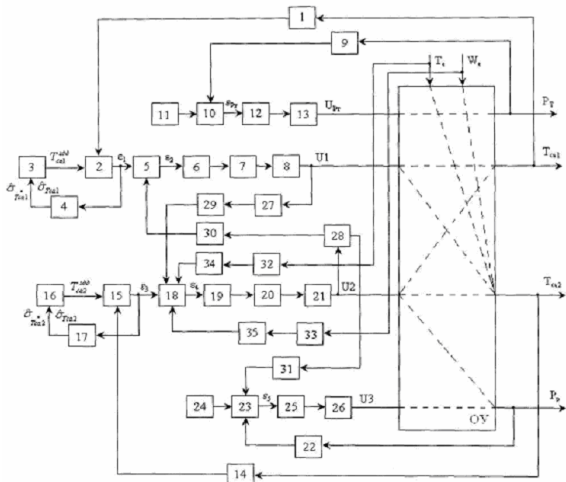
Відхилення температури сушильного агента  $T_{ca1}$  на вході в сушарку впливають на величину температури сушильного агента  $T_{ca2}$  на виході з сушарки, відхилення температури сушильного агента  $T_{ca2}$  на виході з сушарки впливають на величину температури сушильного агента  $T_{ca1}$  на вході в сушарку та на глибину розрідження  $P_p$  в сушарці, що пов'язано з тепломасообмінними процесами в ОУ. Вказані впливи негативно відбиваються на параметрах перехідних процесів регулювання, що викликає зниження якості готового продукту і відповідні економічні втрати.

З метою усунення вказаних недоліків запропонований спосіб передбачає вимірювання витрат палива на горіння в топці за допомогою датчика 27, вимірювання витрат сушильного агенту на вході в сушарку за допомогою датчика 28 з одночасною корекцією, реалізованою блоками 29, 30 і 31, значення сигналу розбалансу  $\varepsilon_2$  - регулятору 6,  $\varepsilon_4$  - регулятору 19 та  $\varepsilon_5$  - регулятору 25. Сигнали корекції при цьому встановлюють на рівнях, пропорційних значенню витрат палива та витрат сушильного агенту так, щоб усувати вплив контуру управління  $T_{ca1}$  на контур управління температурою  $T_{ca2}$ , вплив контуру управління  $T_{ca2}$  на контур управління температурою  $T_{ca1}$  та на контур управління розрідженням  $P_p$ .

Для зменшення впливу збурень ОУ: температури екстракту перед розпилюванням  $T_e$  і вологості екстракту перед розпилюванням  $W_e$ , в розробленому способі передбачено вимірювання температури  $T_e$  за допомогою датчика 32, вимірювання вологості  $W_e$  за допомогою датчика 33 з подальшою корекцією в блоках 34 і 35 сигналу розбалансу  $\varepsilon_4$  - регулятору 19 пропорційно поточному значенню  $T_e$  і  $W_e$ .

Результати комп'ютерного моделювання підтвердили те, що запропонований спосіб автоматичного управління в умовах реально діючих внутрішніх та зовнішніх збурень забезпечує найбільш ефективні режими роботи сушарки, високу динамічну точність стабілізації параметрів технологічного процесу і таким чином

забезпечує високу якість готового продукту при мінімальній собівартості.



Фиг. 1