



УДК 66.048.5:681.5.017

АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВИПАРЮВАННЯ АСОРТИМЕНТНИХ ПРОДУКТІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ



Івашук В'ячеслав Віталійович, канд. техн. наук, докторант

Національний університет харчових технологій, кафедра автоматизації процесів управління, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601; ivaschuk99@mail.ru

Швець В'ячеслав Васильович, студент

НУХТ, кафедра АПУ, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601; slavik2000@ukr.net

У статті розглядаються можливі способи управління вакуум-випарним апаратом. Проведено аналіз існуючих методів і моделей управління технологічним процесом випаровування асортименту молочних продуктів. Викладено конструктивні особливості вакуумних апаратів, їх переваги та недоліки і можливі проблеми з управлінням. Недоліком усіх розглянутих методів була локалізація відхилень у межах єдиного контура управління, що цілком задовольняє вимоги до незначної варіації цільових параметрів продукту та незмінних характеристик сировини. Створено систему керування, де реалізується зміна параметрів продукту в широкому діапазоні, з точністю, яку гарантує адекватність математичної моделі. Запропоновано підхід до багатомірного управління об'єктом із несприятливою динамікою та технологічними обмеженнями.

Ключові слова: автоматизація, вакуумне випарювання, конденсація, випаровування молока.

Постановка проблеми. Зазвичай процеси випарювання молочних продуктів і фруктових сиропів відбуваються під вакуумом. Вибір тиску пов'язаний із властивостями випарювання розчину та можливістю використання тепла вторинної пари. При випаровуванні під вакуумом можна обирати більш низькі температури, що важливо в разі концентрування розчинів речовин, схильних до розкладання при підвищених температурах. Крім того, при розрідженні збільшується корисна різниця температур між агентом, що гріє, і розчином, а це дозволяє зменшити поверхню нагріву апарата (за інших рівних умов). Плівкові випарні апарати застосовують при концентруванні розчинів, чутливих до високих температур.

Сьогодні в харчовій промисловості використовують апарати з висхідною плівкою та спадною або виносною гріючою камерою, а також із падаючою плівкою і спадною або

виносною гріючою камерою [1]. Недолік останнього рішення – нестійкість роботи при коливаннях тиску пари, що гріє. При порушенні режиму апарат необхідно перевести на роботу з циркуляцією розчину, як у апараті з примусовою циркуляцією [2; 3].

Отже, для розв'язання проблем нестійкості апарата та керування такими параметрами системи, як температура, тиск, в'язкість речовини, витрата сировини тощо, необхідно автоматизувати процес керування об'єктом, що досі залежить від досвіду оператора-технолога. Об'єктом дослідження цієї статті є аналіз режиму роботи та керування вакуум-випарного апарата.

Мета статті – розглянути можливі методи управління вакуум-випарним апаратом та запропонувати найбільш доцільні варіанти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед останніх робіт у цьому напрямі

заслуговує на увагу модель автоматичного керування процесом згущування розчинів у багатокорпусних вакуум-випарних апаратах [4]. Вона передбачає вимірювання концентрації розчину на виході останнього корпусу апарата, порівняння вимірюваного значення із заздалегідь відомим, за результатом порівняння – стабілізацію цієї концентрації регулювальником, що змінює подачу розчину на вхід. Такий метод дозволяє розв’язувати проблему зі зміною сталих часу в об’єкті при використанні сировини з різними фізичними характеристиками завдяки покроковому розрахунку концентрації продукту на виході із кожного корпусу установки.

У такій схемі не враховувалася втрата коефіцієнта корисної дії через зміну теплового потоку, а регулювання здійснювалося лише через зміну подачі гострої пари. Також не враховано можливість запізнення сигналу, яке може призвести до нестійкості системи, а при високій концентрації продукту – до виходу із ладу суміжного корпусу установки через закупорення трубок камери.

Досить актуальною є корисна модель автоматичного регулювання вакуум-випарною установкою [5], яка реалізує керування розрідженням у корпусі випарного апарата. Але це є досить коштовним методом і тому не завжди може бути доцільним для впровадження, оскільки не виправдовує затрат на керування. Додатковою проблемою є відсутність системної реакції у разі подачі пари на корпус вторинного апарата при зміні витрати та густини продукту. Також не було враховано процеси, які відбуваються в об’єкті управління, що може призвести до некоректної роботи апарата.

Виклад основного матеріалу. Недоліком усіх розглянутих методів була локалізація відхилень у межах єдиного контура управління, що цілком задовольняє вимоги до незначної варіації цільових параметрів продукту та незмінних характеристик сировини. Так, при зміні асортименту продукту необхідно

коригувати параметри управління, що тісно пов’язано з нелінійним характером моделі випаровування органічної сировини. Сама природа виникнення нелінійності випарних апаратів пов’язується з втратою можливостей випаровування через збільшення густини та динамічної в’язкості. Вплив температури на поведінку сировини різниться залежно від присутності жирів, які також спричиняють параметричні зміни динамічної в’язкості сировини. Часткова кристалізація, що призводить до виникнення диспергованої фази, також є наслідком виникнення нелінійної поведінки в процесі випарювання органічних розчинів. Ці явища прийнято розглядати як технологічну межу процесу випарювання, а їх наявність – як недолік обраного технологічного режиму. Свого часу кристалізація розчинів привела до вдосконалення обладнання шляхом розділення процесів нагрівання та випаровування у вакуумному просторі. Створена багатостадійність спрощує розгляд нелінійності та дозволяє виділити присутність полюсів математичного опису як результат розмежування керуючих впливів.

Враховуючи ці технологічні особливості органічних розчинів, прийнятною концепцією керування є створення багатомірному простору керування, за якою гідродинамічна система апарата дозволяє розглядати модель процесу випарювання у вигляді моделі ідеального змішування, а зазначені явища – як модель «чорної скрині». Отримання моделі «чорної скрині» полягає в інкапсуляції експериментальних оцінок її поведінки під час визначення термічної стабільності в лабораторних умовах. Цього виявляється достатньо для визначення характеру поведінки розчину під час випарювання.

Оскільки вартість помилки економічно обмежена для виробництва, пропонується застосування системи управління з упередженим прогнозом і каскадною реалізацією управляючих дій. Для розширення діапазону регулювання можна використати оцінку стану

об'єкта управління у вигляді багатомірної математичної моделі.

Наявність моделі процесу в контурі керування дозволяє ефективно використовувати типовий пропорційний регулятор, що слідкуватиме за різницею між відтвореним за моделлю та спостережним значенням координати об'єкта. При керуванні процесом перевагу віддають набуттю стійкості, навіть за рахунок статичної точності. Тож максимальний розмір кроку можна отримати на підставі динамічних характеристик каналу керування, який має найбільше значення сталої часу, що одразу гарантує асимптотичну стійкість реалізації такого керування. А саме – крок рахується як $\Delta U = W_{об}^{-1} \cdot \Delta X$, де ΔX – похибка координації технологічної змінної, де $\Delta X \leq \Delta X_M \cdot \Delta X_T$, де ΔX_M – похибка, отримана при моделюванні, ΔX_T – похибка, дозволена технологічним регламентом.

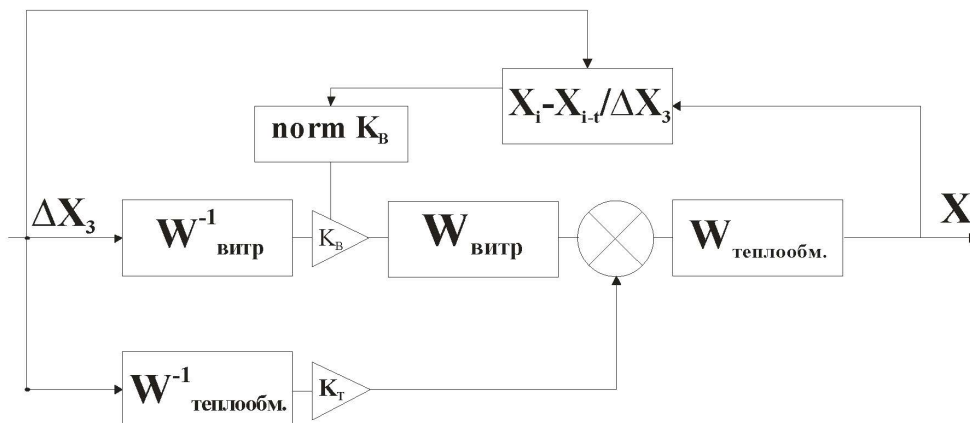
Оскільки будь-яка методика моделювання не дає можливості абсолютно точного відтворення технологічного процесу, то природно розімкнена система буде отримувати статичну похибку. Встановлено, що ця похибка може досягати критичного для якості продуктів значення при діапазоні варіювання спостережних змінних, що відповідає зміні режиму процесу чи сировини. Корегується статична похибка величини впливу каналу керування завдяки порівнянню величини реалізованого керування із цільовим кроком варіювання координати. Оскільки адекватна

оцінка багатомірного впливу не може визначатися ізольованою спостереженням координатою, вплив координуючого контура має бути нормований. Так, для визначення норми $norm K_T = \frac{W_{теплообм.}}{W_{теплообм.} + W_{випр.}}$, де $K_T + K_B = 1$.

Оскільки досліджуваний об'єкт недостатньо спостережний для застосування замкненого керування, а практичний процес моделювання не забезпечує абсолютної оцінки для визначення поведінки «чорної скрині», то контур координації здійснює оцінку відпрацювання кроку зміни завдання ΔX_3 за період t , що визначається найбільшою сталою часу з контурів керування (див. рис.). Такий підхід дає можливість скоректувати модель у межах обраного режиму чи технологічної сировини.

Висновки

За допомогою створеної системи керування реалізується зміна параметрів продукту в широкому діапазоні із точністю, яку гарантує адекватність математичної моделі. Система керування може бути запропонована для розглянутих випарних установок харчових і хімічних виробництв і як основна система керування, і в якості підсистеми керування – у разі багатадійного процесу випаровування. Подальша робота має бути спрямована на поєднання цієї системи керування із комплексом зовнішніх інформаційних зв'язків і системних оцінок по управлінню суміжними апаратами. Загалом робота має просуватись у напрямі усунення людини-оператора із контура управління.



Структура системи параметричного керування випарним апаратом

Ivashchuk V.V., PhD in Technical Sciences

National University of Food Technologies, 68, Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine, 01601; ivaschuk99@mail.ru

Shvets V.V., student

NUFT, 68, Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine, 01601; slavik2000@ukr.net

In the article the possible methods of control vacuum evaporator. The analysis of existing methods and models of process control evaporation assortment of dairy products. Outlines the design features vacuum evaporators, their advantages and disadvantages and possible problems with management. Among the shortcomings discussed in the management process of evaporation is the localization of deviation within a single control loop, which fully meets the requirements for a minor variation of target parameters and product characteristics constant materials. Control systems, which execute variation of parameters of the product in a wide range, for a precision, which adequate mathematical model are guaranteed had been created. The course of multivariable control of object that has unfavorable dynamics and technological limitations had been offered.

Keywords: automation, vacuum evaporators, condensation, milk evaporation.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ИСПАРЕНИЯ АССОРТИМЕНТНЫХ ПРОДУКТОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ивашук Вячеслав Витальевич, канд. техн. наук, докторант

Национальный университет пищевых технологий, кафедра автоматизации процессов управления, ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601; ivaschuk99@mail.ru

Швец Вячеслав Васильевич, студент

НУПТ, кафедра АПУ, ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601; slavik2000@ukr.net

В статье рассматриваются возможные способы управления вакуум-испарительными аппаратами. Проведен анализ существующих методов и моделей управления технологическим процессом испарения ассортимента молочных продуктов. Изложены конструктивные особенности вакуумных аппаратов, их преимущества и недостатки и возможные проблемы с управлением. Недостатком всех рассмотренных методов была локализация отклонений в рамках единого контура управления, что полностью удовлетворяет требования к незначительной вариации целевых параметров продукта и неизменных характеристик сырья. Создана система управления, где реализуется изменение параметров продукта в широком диапазоне с точностью, которую гарантирует адекватность математической модели. Предложен подход многомерного управления объектом с неблагоприятной динамикой и технологическими ограничениями.

Ключевые слова: автоматизация, вакуумное испарение, конденсация, испарение молока.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ронкин В.М. Определение рациональной конструкции выпарного аппарата с падающей пленкой с целью увеличения эффективности работы / В.В. Ронкин // Промышленная подготовка нефти, газа и воды. – ЗАО НПП «Машпром», г. Екатеринбург. – 2012. – № 2. – С.90-93.
2. Технологічний процес уварювання у вакуум-апаратах цукрового виробництва як об'єкт управління / Ю.Л. Гунько, О.М. Окуневич // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк. – 2012.– № 39. – С. 39–43.
3. Застосування рідинно-парового ежектора для рекомпресії вторинної пари вакуумних випарних установок / В.М. Арсеньє, С.О. Шаранов, В.В. Мірошниченко // НТП

и эффективность производства. – 2013. – № 2 (108). – С. 57–64.

4. Патент № 44178 МПК(2009) А23С 1/00 Спосіб автоматичного керування процесом згущування розчинів у багатокорпусних вакуум-випарних апаратах / Малишев В.В.; заявник Одеська національна академія харчових технологій – № u200902955; заявл. 30.03.2009; опубл. 25.09.2009, Бюл. № 18, 2009 р.

5. Патент №46725 МПК(2009) А23С 1/00 Спосіб автоматичного управління вакуум-випарною установкою при виробництві згущеного молока / Ситник Ю.О.; заявник Одеська національна академія харчових технологій – № u200815165; заявл. 29.12.2008; опубл. 11.01.2010, Бюл. № 1, 2010 р.