

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерних технологій

Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв (АВ)

КАСПРУК Сергій Богданович

УДК 681.5 : 664.1.048.5

**РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ
СИСТЕМИ ВАКУУМ-ВИПАРОВУВАННЯ ТОМАТНОЇ ПАСТИ
НА БАЗІ УСТАНОВКИ УВВ-20/0,8**

**АВТОРЕФЕРАТ
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр

спеціальності 8.05020201

«Автоматизоване управління технологічними процесами»

Науковий керівник: к.т.н., доц. Данилишин Г.М..

Рецензент: к.т.н., доц. Чихіра І.В.

м. Тернопіль – 2014

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

В кваліфікаційній роботі досліджено основну технологічну операцію згущення методом випарювання до певного змісту сухих речовин. Випарювання здійснюється у випарних апаратах при вакуумному розрідженні, що дозволяє вести процес при знижених температурах. При зниженій температурі кипіння продукту в умовах вакууму досягається значно більша різниця температур між нагріваючою парою і киплячою рідиною. Процес згущення при цьому протікає більш інтенсивно, а знімання пари з одиниці поверхні нагрівання набагато вище в порівнянні з атмосферним випарюванням.

У даній роботі однокорпусна вакуум–випарна установка розглянута як багатомірний об'єкт автоматичного керування й запропоновані нові модифікації лінеаризованих динамічних моделей цієї установки. На відміну від відомих запропоновані моделі дозволяють урахувати коливання витрати й температури продукту на вході у вакуум–випарний апарат, а також зміну вакуумметричного тиску. Визначено збурюючі впливи на канал регулювання температури й отримані передавальні функції по цих впливах. Такі передавальні функції дозволяють вирішити завдання синтезу комбінованих систем регулювання температури й вакууму, а також обчислити оптимальні настроювання автоматичних регуляторі. Застосування таких систем у практиці регулювання дозволить підвищити ефективність використання теплоносіїв у вакуум–випарній установці.

Аналіз вакуум–випарної установки як об'єкта керування на основі запропонованої лінеаризованої динамічної моделі з метою підвищення ефективності використання теплоносіїв дозволяє зробити наступні висновки:

1. поліпшення якості регулювання концентрації сухих речовин b по основному каналу «витрата згущеного продукту S_{CM} – концентрація b » може бути досягнуті шляхом введення додаткових коригувальних контурів по каналах «витрата продукту S_M – концентрація b » й «витрата сокової пари – концентрація b »;

2. поліпшення якості регулювання температури продукту θ по основному каналу «витрата гріючої пари D_I – температура θ » може бути досягнуте шляхом введення додаткових коригувальних контурів по каналах «витрата продукту S_M – температура θ » й «витрата згущеного продукту S_{CM} – температура θ »;
3. покращення якості регулювання вакуумметричного тиску q по основному каналу «витрата охолодної води $D_{жс}$ – тиск q » може бути досягнуте шляхом введення додаткових коригувальних контурів по каналах «температура сокової пари в конденсаторі t''_k – тиск q ».

Запропоновані моделі застосовні для синтезу систем керування вакуум–випарними установками харчових виробництв.

Досліджено реологічні і теплофізичні характеристики вихідних і концентрованих полікомпонентних овочевих сумішей.

Вивчено основні закономірності тепло- і масообмінних процесів при вакуум-випарюванні полікомпонентних овочевих сумішей і розроблено нові способи виробництва полікомпонентних овочевих концентратів збалансованого складу; визначено раціональні технологічні режими процесу.

Досліджено вплив основних параметрів процесу на механізм формування структури полікомпонентних овочевих концентратів;

Розроблено математичну модель процесу вакуум-випарювання полікомпонентних овочевих сумішей для визначення температури й вологовмісту плівки пюре, режиму течії фруктового пюре на вертикальній стінці вакуум-камери.

Розроблено нові конструкції вакуум-випарних апаратів і способи виробництва полікомпонентних овочевих пюре.

Визначені реологічні й теплофізичні характеристики полікомпонентних овочевих сумішей.

Виявлено, сформульовані й описані основні закономірності тепло- і масообміну в процесі вакуум-випарювання полікомпонентних овочевих сумішей; обґрунтована необхідність використання випарювання

мілкодисперсно-розпиленого пюре для збереження термолабільних поживних речовин.

Розроблено математичну модель процесу вакуум-випарювання полікомпонентних овочевих сумішей, що дозволяє розрахувати не тільки режим плинку плівки фруктових пюре на вертикальній стінці вакуум-камери, але й визначити характер зміни температури й вологовмісти в досліджуваному пюре по висоті вакуум-камери.

Визначено й обґрунтовані раціональні технологічні режими процесу вакуум-випарювання полікомпонентних овочевих пюре, що забезпечують скорочення тривалості процесу, зниження питомих енерговитрат і підвищення якості готової продукції.

На базі ПП «Городоцький плодоконсервний завод» розроблено автоматизовану універсальну лінію виготовлення томатної пасти, на якій може проходити безперервний технологічний процес. Дана технологічна лінія є лінією безперервної дії, універсальність дає можливість виготовляти широкий асортимент продукції по вмісту сухих речовин.

Базовим агрегатом лінії є вакуум-випарна установка продуктивністю 20 т/доб призначена для випарювання та згущення харчових мас. У вакуум-випарній установці немає обертових механічних частин та кінематичних зв'язків, за винятком скребкового теплообмінника, який служить для охолодження готового продукту.

В кваліфікаційній роботі розроблено автоматизованої системи управління і контролю установки вакуумно-випарної УВВП-20/2 – на базі програмованого логічного контролера МСХ53-32.х. Серія універсальних програмованих логічних контролерів (ПЛК) МСХ53-32.х призначена для рішення широкого спектра завдань в області автоматизації й контролю.

Контролери представляють із себе функціонально закінчені блоки в DIN - конструктивах. Типові виконання містять 12 універсальних входів/виходів і 8 силових виходів, а також набір різних інтерфейсів.

Основою МСХ53-32.х є мікроконтролер ARM7 Cortex-M3 STMicroelectronics STM32F103.

Мета і завдання дослідження.

Основною технологічною операцією виробництва томатної пасти є згущення сировини методом випарювання до певного вмісту сухої речовини. Випарювання здійснюють у вакуум-випарних апаратах, що дозволяє вести процес при знижених температурах. Для цього технологічного процесу актуально дослідити його динамічну модель, для коригування законів регулювання, з метою покращення продуктивності і енерговитратності. Недоліком типових динамічних моделей є те, що вони не враховують змін витрат і температури продукту на вході у вакуум-випарний апарат та вакуумметричного тиску. Відповідно, при коливаннях навантаження випарного апарату, для підтримки необхідної температури кипіння на заданому рівні, необхідно постійно коригувати параметри налаштування автоматичних регуляторів температури й вакууму, що призводить до зменшення продуктивності та енергоефективності.

Об'єкт дослідження.

Вакуум-випарна установка УВВ – 20/0.8, технологічний процес вакуумного випарювання томатної пасти.

Практичне значення одержаних результатів. Визначені динамічні моделі та передавальні функції вакуум-випарної установки дозволять вирішити завдання синтезу комбінованих систем регулювання температури й вакууму, а також розрахувати оптимальні налаштування автоматичних регуляторів. Застосування таких систем дозволить підвищити продуктивність та енергоефективність використання теплоносіїв у вакуум-випарних установках.

Публікації. Каспрук С.Б., Дослідження автоматизованого процесу вакуум випаровування томатної пасти / VII всеукраїнська студентська науково - технічна конференція "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. — Тернопіль: ТНТУ, 2014. —с. 218.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.

Пояснювальна записка -188 арк., додатки – 18 арк., графічна частина – 10 арк.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ВСТУП

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи

1.2 Аналіз вихідної інформації для розробки дипломного проекту

1.3 Огляд сучасного вакуум-випарного обладнання

1.4 Основні технологічні процеси, види сировини, напівфабрикатів і їх характеристики

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Динамічні моделі вакуум–випарних установок

2.2 Удосконалювання процесу вакуум-випарювання полікомпонентних сумішей при виробництві пюреподібних концентратів

2.2.1 Експериментальна установка й методики проведення досліджень процесу концентрування полікомпонентної сировини в умовах вакууму.

2.2.2 Математична модель гравітаційних течій плівки овочевих пюре по вертикальних поверхнях вакуум-випарних апаратів.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Уточнення виробничої потужності і виробничої програми виробництва томатної пасти на ПП «Городоцький плодоконсервний завод»

3.2 Вибір і обґрунтування технологічної схеми виробництва і загальний опис технології виготовлення томатної пасти

3.3 Вибір технологічного обладнання лінії виготовлення томатної пасти

- 3.3.1 Розрахунок продуктивності обладнання лінії
- 3.3.2 Уточнення функціонального призначення обладнання цеху виготовлення томатної пасти, вибір його основних техніко-економічних параметрів
- 3.3.3 Вибір типів і визначення потрібної кількості технологічного обладнання
- 3.3.4 Технічні характеристики вибраного устаткування
- 3.3.5 Обґрунтування техніко-економічної доцільності модернізації вакуум-випарної установки продуктивністю 20 т/год
- 3.4 Технологічні розрахунки вакуум–випарної установки продуктивністю 20 т/год
 - 3.4.1 Розрахунок технологічного процесу випарювання
 - 3.4.2 Розрахунок швидкості транспортера подачі банок лінії виготовлення томатної пасти
- 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА
 - 4.1 Розробка конструкції вакуум–випарної установки
 - 4.1.1 Структурний аналіз вакуум–випарної установки.
 - 4.1.2 Кінематичний аналіз, приводу теплообмінника вакуум–випарної установки
 - 4.1.3 Кінематичний розрахунок основних вузлів приводу теплообмінника вакуум–випарної установки
 - 4.1.4 Розрахунок крутних моментів, що виникають на валах теплообмінника вакуум–випарної установки
 - 4.2 Розрахунки деталей вакуум–випарної установки на міцність
 - 4.2.1 Проектний розрахунок ланцюгової передачі приводу теплообмінника вакуум–випарної установки.
 - 4.2.2 Розрахунок пасової передачі приводу теплообмінника вакуум–випарної установки
 - 4.2.3 Розрахунок шпоночного з'єднання вала та шківів приводу теплообмінника
 - 4.3 Будова та принцип роботи вакуум–випарної установки продуктивністю 20 т/доб
 - 4.4 Розробка технічних засобів контролю та автоматизації лінії виготовлення томатної пасти

4.5 Розробка автоматизованої системи управління і контролю установки вакуумно-випарної УВВП-20/2 – на базі програмованого логічного контролера МСХ53-34.х

4.5.1 Призначення.

4.5.2 Склад і функціонування.

4.5.3 Призначення виводів роз'ємів

4.5.4 Робота з модулем

4.5.5 Підключення до комп'ютера

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

САПР І РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1 Система автоматизованого проектування в конструкторській підготовці виробництва

5.2 Програмування модуля RS2-1 у режимі slave-пристрою промислової мережі MODBUS

5.2.1 Формати команд

5.2.2 Алгоритм обчислення контрольного циклічного коду (CRC16)

5.2.3 Установки послідовного приймально-передавача

5.2.4 Програмування паузи між послідовними пакетами

5.2.5 Виміри напруги на аналоговому вході модуля RS2-1 (мережна адреса 10h)

5.2.6 Керування зовнішнім модулем

5.2.7 Програмування модуля RS2 у режимі перетворювача інтерфейсу I2C – RS232/RS422/RS488

5.2.8 Розрахунок і установка швидкості

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

6.1 Організація виробничих процесів

6.1.1 Тип виробництва

6.1.2 Принципи та форми організації виробничих процесів

6.1.3. Розрахунок чисельності промислово - виробничого персоналу.

6.1.4 Обґрунтування організаційної структури управління підприємством

6.2 Розклад проекту

6.3 Розрахунок економічної ефективності реконструкції та модернізації

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1.1 Правила безпеки при експлуатації обладнання, що проектується.

7.1.2 Розрахунок природнього освітлення для проектованої ділянки.

7.2 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.2.1 Концепція захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій

7.2.2 Основні заходи захисту населення і територій

7.2.3 Евакуаційні заходи

7.2.4 Розрахунок евакуаційних шляхів із виробничих приміщень (ділянки) цеху що проектується.

7.2.5 Інженерний захист

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

8.2 Забруднення довкілля при виробництві томатної пасти на ПП «Городоцький плодоконсервний завод»

8.3 Заходи зі зменшення забруднення довкілля

ВИСНОВОК

ДИНАМІЧНІ МОДЕЛІ ВАКУУМ–ВИПАРНИХ УСТАНОВОК

У харчовій промисловості багато рідких продуктів консервують, виробляючи згущені напівфабрикати й сухі продукти. Основною технологічною операцією при цьому є згущення методом випарювання до певного змісту сухих речовин. Випарювання здійснюється у випарних апаратах при вакуумному розрідженні, що дозволяє вести процес при знижених температурах. При зниженій температурі кипіння продукту в умовах вакууму досягається значно більша різниця температур між нагріваючою парою і киплячою рідиною. Процес згущення при цьому протікає більш інтенсивно, а знімання пари з одиниці поверхні нагрівання набагато вище в порівнянні з атмосферним випарюванням.

Для автоматичного регулювання температури та глибини вакууму у вакуум–випарних установках, використовуваних на підприємствах харчової промисловості, широке поширення отримали системи керування, розроблені виробниками цих установок Wiegand, Alfa–Laval, Ebbot Laboratories. Такі системи містять у собі локальні контури регулювання температури, вакуумметричного тиску й концентрації сухих речовин у згущеному продукті на виході з установки. Як пристрої керування застосовуються цифрові ПД–регулятори, параметри настроювання яких визначаються по спрощених динамічних моделях випарного апарата й конденсатора.

Необхідно відзначити, що основним недоліком такої типової лінеаризованої динамічної моделі є те, що вона не враховує можливість зміни витрати й температури продукту на вході у вакуум–випарний апарат, а також зміна вакуумметричного тиску. Це приводить до того, що при коливаннях навантаження випарного апарата для підтримки необхідної температури кипіння продукту на заданому рівні необхідно коректувати параметри настроювання автоматичних регуляторів температури й вакууму. Коректування параметрів здійснюється технологічним персоналом методом проб і помилок. Такий підхід приводить до підвищених теплових навантажень при форсуванні теплових процесів й як наслідок – до неефективного використання теплоносіїв.

У даній роботі однокорпусна вакуум–випарна установка розглянута як

багатомірний об'єкт автоматичного керування й запропоновані нові модифікації лінеаризованих динамічних моделей цієї установки. На відміну від відомих запропоновані моделі дозволяють урахувати коливання витрати й температури продукту на вході у вакуум–випарний апарат, а також зміну вакуумметричного тиску. Визначено збурюючі впливи на канал регулювання температури й отримані передавальні функції по цих впливах. Такі передавальні функції дозволяють вирішити завдання синтезу комбінованих систем регулювання температури й вакууму, а також обчислити оптимальні настроювання автоматичних регуляторів. Застосування таких систем у практиці регулювання дозволить підвищити ефективність використання теплоносіїв у вакуум–випарній установці.

Вихідними змінними моделі є: температура продукту у випарному апараті θ , рівень в апараті h , концентрація сухих речовин у продукті b і глибина вакууму q . Як керуючі впливи можна розглядати витрати гріючої пари D_1 , продукту S_m , згущеного продукту S_{CM} і води на конденсацію сокової пари $D_{ж}$.

Наукове забезпечення процесу вакуум-випарювання полікомпонентних овочевих сумішей на основі комплексного аналізу основних закономірностей процесу разом з їх фізико-хімічними й структурно-механічними характеристиками, розробка рекомендацій з удосконалювання високоефективних технологій виробництва полікомпонентних овочевих концентратів; створення перспективних конструкцій вакуум-випарних апаратів, Для досягнення цієї мети вирішувалися наступні завдання:

Дослідження реологічних і теплофізичних характеристик вихідних і концентрованих полікомпонентних овочевих сумішей.

Вивчення основних закономірностей тепло- і масообмінних процесів при вакуум-випарюванні полікомпонентних овочевих сумішей і розробка нових способів виробництва полікомпонентних овочевих концентратів збалансованого складу; визначення раціональних технологічних режимів процесу.

Вивчення впливу основних параметрів процесу на механізм формування

структури полікомпонентних овочевих концентратів; дослідження показників якості й безпеки вихідних і концентрованих полікомпонентних овочевих сумішей.

Розробка математичної моделі процесу вакуум-випарювання полікомпонентних овочевих сумішей для визначення температури й вологовмісту плівки пюре, режиму течії фруктового пюре на вертикальній стінці вакуум-камери.

Розробка нових конструкцій вакуум-випарних апаратів і способів виробництва полікомпонентних овочевих пюре.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Брусиловский, Л. П. АСУТП цельномолочных и молочных производств / Л. П. Брусиловский, А. Я. Вайнберг. - М.: Колос, 1993. - 363 с.
2. Хомяков, А. П. Усовершенствование выпарных установок «Виганд» для сгущения молока / Т. К. Трофимов, В. Д. Харитонов // Молочная промышленность. - 1999. - № 2. - С. 17-19.
3. Новое в автоматизации технологических процессов сгущения и сушки молока и молочных продуктов / Л. П. Брусиловский, А. Я. Вайнберг, В. П. Молотков. - М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1983. - 56 с.
4. Соколов В.Н. Конструирование оборудования пищевых производств.- М.: Пищевая промышленность, 1983-348с.
5. Харламов С. В. Конструирование технологических машин пищевых производств. М.: Машиностроение, 1979 г. – 256с.