

Відгук

офіційного опонента, кандидат технічних наук, доцент
Борина Василя Степановича на дисертацію
Маркіної Людмили Миколаївни

„Автоматизація процесів приготування замісу із зернової сировини та його водно-теплової обробки у спиртовому виробництві”,

яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

Актуальність теми дисертації

Попри значний розвиток спиртової промисловості, процес приготування замісу залишається складним і нестабільним через структурні зміни водно-зернової суміші під дією біо- та термохімічних факторів. Це ускладнює дотримання технологічних режимів і негативно позначається на якості спирту та витратах енергоресурсів. Традиційний показник якості, яким є концентрація розчиненої сухої речовини не підходить для оперативного контролю, тому актуальним стає використання альтернативних параметрів, зокрема густини чи в'язкості, що відображають вміст крохмалю. Отже, дослідження, спрямовані на розроблення системи автоматичного керування процесом приготування замісу та його водно-теплової обробки на основі визначених параметрів густини або в'язкості замісу, є науково цінними та прикладними, а дисертаційна робота Маркіної Л. М. є актуальною.

Зв'язок дисертаційної роботи з державними науковими програмами, планами, темами, пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки

Дисертаційна робота виконувалася згідно з планами двох науково-дослідних робіт кафедри «Автоматизації та комп'ютерно-інтегровані технології» Луцького національного технічного університету №16/03-2014, №д/р 0116U001950(2016-2020), де автор був відповідальним виконавцем.

Слід відзначити участь у проєкті ПЛ-НТУ «Транскордонний обмін досвідом» в рамках Програми транскордонного співробітництва Польща-Білорусь-Україна 2007-2013.

На загал тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Структура та зміст дисертаційної роботи

Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку літературних джерел, додатків та має 95 сторінок основного тексту. Робота проілюстрована 44 рисунками, включає 11 таблиць, перелік літературних джерел із 119 найменувань та 7 додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 151 сторінка.

У вступі наведено загальну характеристику роботи, сформульовано науково-технічну проблему та обґрунтовано актуальність теми, визначено мету,

об'єкт та предмет дослідження, висвітлено наукову новизну, практичну цінність та особистий внесок здобувача в отриманні результати, подано відомості про їх апробацію, публікацію та впровадження.

Перший розділ присвячено аналізу стану автоматизації спиртового виробництва. Розглянуто технологічні особливості процесів приготування замісу та водно-теплової обробки і визначено їх вплив на якість готового продукту. Проаналізовано існуючі підходи до автоматичного регулювання цих процесів, підкреслено обмеження класичних систем у частині забезпечення стабільності параметрів та енергоефективності. Виявлено основні проблемні аспекти: відсутність засобів безперервного вимірювання в'язкості, недостатня швидкодія контурів керування та нечутливість до зовнішніх збурень. Це дозволило сформулювати потребу в удосконаленні систем автоматичного регулювання та обґрунтувати доцільність використання густини й в'язкості як інформативних параметрів для побудови ефективної системи керування.

У другому розділі створено узагальнену математичну модель процесу змішування, як об'єкту керування, в якій обґрунтовано використання густини та в'язкості як інформативних параметрів замість вимірювання концентрації сухих речовин. На основі експериментальних даних та літературних джерел встановлено залежності між концентрацією крохмалю, густиною і в'язкістю від температури.

Також розроблено інформаційну модель процесу, що відображає взаємозв'язки етапів приготування замісу, параметри та збурення у задачах керування. Автором запропоновано структурну схему системи автоматичного керування комплексним процесом приготування замісу та його водно-теплової обробки з контурами підтримання співвідношень ферменту й води, зерна та деструктуратора, а також стабілізації в'язкості шляхом регулювання температури.

Окремо обґрунтовано можливість непрямого вимірювання в'язкості за струмом приводу мішалки, що забезпечує спрощення реалізації системи в промислових умовах.

Третій розділ присвячено формуванню процесу змішування у просторі станів та дослідженню ефективності системи автоматичного керування приготуванням замісу і його водно-теплової обробки. Для симуляційної перевірки використано виробничі дані спиртових заводів (Луцького, Борокського та Марилівського), на основі яких побудовано математичну модель та сформовано варіанти моделювання для різних об'ємів замісу та концентрацій крохмалю. Розглянуто три методи налаштування коефіцієнтів ПД-регулятора. Проведені моделювання і практичні експерименти з використанням контролерів довели, що ПД-регулятори забезпечують низьку якість регулювання: характеризується перерегулюванням до 15-20 % та значним часом стабілізації, що призводить до надлишкових витрат сировини та зниження якості спирту.

З метою усунення цих недоліків та підвищення ефективності керування запропоновано застосування LQR-регулятора.

У четвертому розділі проведено удосконалення системи автоматичного керування процесом приготування замісу та його водно-теплової обробки.

Підтверджено, що застосування класичних ПІД-регуляторів у багатоконтурній системі не забезпечують необхідної якості регулювання, тому для усунення зазначених недоліків запропоновано використання оптимального LQR-регулятора. В якості показника оптимізації використано інтегральний функціонал, що враховує мінімізацію перерегулювання, часу перехідного процесу та забезпечення стійкості системи. При цьому введено вагові коефіцієнти, які визначають пріоритетність регулювання параметрів: стабільність концентрації розчиненого крохмалю – як показника, що впливає на вміст спирту, та стабільність об'єму замісу, як умови запобігання інфікуванню.

Виконане моделювання для різних об'ємів замісу та концентрацій розчиненого крохмалю підтвердило, що LQR-регулятор забезпечує суттєве покращення параметрів якості процесу регулювання у порівнянні з ПІД-регулятором: зменшення часу регулювання, швидшу стабілізацію параметрів і стійку роботу системи.

Завершують роботу **висновки, список використаних джерел та додатки.**

У додатках наведено залежності густини, в'язкості та концентрації сухих речовин від температури, моделі системи керування, алгоритм оптимізації параметрів LQR-регулятора, патенти та акти впровадження результатів досліджень.

В списку використаних джерел є 119 найменувань.

Наукова новизна

До суттєвих наукових результатів дисертаційної роботи можна віднести наступні:

- отримала подальший розвиток теорія автоматизації технологічного процесу виготовлення етилового спирту шляхом використання отриманих залежностей між концентрацією сухих речовин, густиною та в'язкістю замісу, що дало змогу створити ефективні системи автоматичного керування процесом приготування замісу і його водно-теплової обробки.

- отримали подальший розвиток підходи до моделювання процесу приготування замісу та його водно-теплової обробки, зокрема створено узагальнену модель змішування як об'єкту керування, що забезпечило можливість синтезу керуючих впливів і кількісної оцінки інформативних параметрів: концентрації розчиненого крохмалю та об'єму замісу.

- вперше розроблено систему автоматичного керування взаємозв'язаним процесом приготування замісу і його водно-теплової обробки, що дало можливість підвищити ефективність технологічного процесу та якість сула.

- синтезовано LQR-регулятор для автоматизованої системи керування процесом приготування замісу та його водно-теплової обробки, що забезпечило покращення показників якості системи та підвищило швидкодію регулювання об'єму і концентрації розчиненого крохмалю в замісі.

Практичне значення отриманих в дисертації результатів

Практичне значення роботи полягає в тому, що:

- проведено порівняльний аналіз функціональних схем автоматизації процесу приготування замісу та розроблено і реалізовано алгоритми, що дали змогу об'єднати

всі стадії приготування замісу та його водно-теплової обробки в єдину автоматизовану систему.

- використано потужність мішалки як непрямого давача в'язкості, що забезпечило можливість ефективного контролю показника, який є критично важливим для стабільності процесу приготування замісу.

- експериментально підтверджено доцільність урахування температури та в'язкості в системі регулювання процесу приготування замісу та водно-теплової обробки.

- досліджено системи керування з застосуванням ПІД-регулятора і LQR-регулятора, що дозволило обрати закон регулювання який забезпечує точність регулювання та підвищує якість керування у динамічних режимах.

- застосовано розроблені рішення у виробничих умовах (зокрема на Луцькому, Марилівському та Борокському спиртових заводах) підтвердило зниження витрат зерна, ферментів і енергії, а також підвищення загальної ефективності процесу до 5% за рахунок стабілізації параметрів замісу та оптимізації водно-теплової обробки.

Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації та достовірність отриманих результатів

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, забезпечується коректністю постановки та розв'язання завдань дослідження, чітким формулюванням мети, використанням сучасних методів системного аналізу, математичного та імітаційного моделювання, а також результатами теоретичних і експериментальних досліджень процесів приготування замісу та його водно-теплової обробки.

Достовірність отриманих результатів підтверджується результатами досліджень.

Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих працях. Впровадження результатів дослідження

Апробація роботи достатня: за підсумками наукових досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано 23 наукові праці, включаючи 7 статей у фахових наукових виданнях, 2 у наукових періодичних виданнях, які індексовано в наукометричній базі SCOPUS, 12 публікацій у матеріалах міжнародних та вітчизняних конференцій, 2 патенти України на корисну модель.

Результати дисертації впроваджені як в промисловості, так і в навчальному процесі.

Дисертація Маркіної Л. М. „Автоматизація процесів приготування замісу із зернової сировини та його водно-теплової обробки у спиртовому виробництві”, є завершеною науковою працею.

Слід окремо відзначити, що дисертація написана доброю технічною українською мовою та оформлена відповідно до сучасних вимог. Робота добре ілюстрована і не перевантажена зайвим матеріалом. Виклад матеріалу в роботі має логічну послідовність, науково грамотний, розділи взаємопов'язані та цілком розкривають поставлену мету.

Зміст дисертаційної роботи цілком відповідає спеціальності 05. 13. 07 – автоматизація процесів керування, за якою вона подана до захисту.

Автореферат дисертації адекватно відображає основний зміст, положення, висновки, рекомендації дисертаційної роботи та відповідає вимогам, встановленим до авторефератів.

По змісту дисертації є наступні зауваження:

1. Робота містить моделі у просторі станів, однак не пояснено, чому саме цей підхід було обрано, і які його переваги над класичними підходами (передаточні функції, диференціальні рівняння).

2. У процесі синтезу LQR-регулятора автор використав вагові матриці Q та R . Якими міркуваннями керувалися при виборі цих матриць, і як саме їх зміна впливає на якість регулювання?

3. У роботі зазначено, що синтезований регулятор враховує технологічні особливості процесу змішування. Прошу уточнити, у чому саме полягає практична цінність такого підходу для виробничих умов та чи можливе його впровадження на реальному обладнанні без додаткової адаптації

4. Є деякі неточності в оформленні роботи, а саме:

- Підпис до рисунка 2.2 потребує уточнення, оскільки наведена схема демонструє не лише процес змішування, а й структурні взаємозв'язки між параметрами системи.

- Хотілося б почути пояснення щодо того, що саме позначають елементи формули 4.1.

Однак, перелічені зауваження та недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок

Дисертаційна Маркіної Л. М. „Автоматизація процесів приготування замісу із зернової сировини та його водно-теплової обробки у спиртовому виробництві”, є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати в галузі автоматизації систем керування, що в сукупності вирішують важливу науково-технічну проблему розроблення системи автоматичного керування процесом приготування замісу та його водно-теплової обробки.

Дисертаційна робота Маркіної Л. М. відповідає науковому рівню робіт, що подаються до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. За актуальністю, науковим рівнем розробок та їх практичним втіленням, наявністю необхідної кількості та обсягу публікацій дисертаційна робота „Автоматизація процесів приготування замісу із зернової сировини та його водно-теплової обробки у спиртовому виробництві”, відповідає п.п. 9, 10 і 12 „Порядку

присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., а її автор Маркіна Людмила Миколаївна заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Офіційний опонент, доцент кафедри
автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих
технологій Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу
кандидат технічних наук, доцент Борин В. С.

