

65.011.56 DOI 10.36910/6775-2313-5352-2021-19-13

Маркіна Л.М., Сацик В.О., Смолянкін О.О.

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ В СИСТЕМІ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАМІСУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СПИРТУ

В статті проведено дослідження стадії технологічного процесу виробництва спирту, а саме приготування замісу. Проведено аналіз існуючих систем автоматичного регулювання на даній ділянці. Представлено застосування нечіткої логіки в системі автоматичного регулювання основних параметрів концентрації замісу замісу з візуалізацією досліджуваного етапу технологічного процесу виробництва спирту та їх результативність. Найбільшого застосування нечітка логіка набула для рішення поставлених завдань автоматичного управління технологічними процесами в прийнятні рішення, щодо контролю та регулювання параметрів процесу, визначення оптимальних значень та прогнозування. Застосування правил нечіткої логіки було реалізовано з використанням програмного середовища Matlab, яке дозволяє розробити чіткий алгоритм для виведення нечіткого логічного висновку з формуванням необхідних баз знань. Нечіткі множини дали змогу застосовувати лінгвістичний опис складних процесів в системі автоматичного регулювання основних параметрів досліджуваного етапу технологічного процесу виробництва спирту. На базі проведених досліджень розроблено візуалізацію технологічного процесу з використанням об'єктно-орієнтованої мови програмування Delphi, яка дозволяє відобразити вплив вхідних даних кількості зерна, кількості води, фільтрату барди та температури води на вихідне значення концентрації замісу.

Ключові слова: заміс, концентрація, система автоматичного регулювання, нечітка логіка.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день спиртова промисловість розвинута в багатьох країнах та є основою розвитку економіки. Інтенсивний розвиток науково-технічного прогресу передбачає впровадження новітніх технологій з використанням сучасних засобів автоматизації. Завданням ефективних технологій є зниження витрат енергоресурсів, сировини, додаткових компонентів так і покращення якісних показників спирту.

На багатьох спиртових заводах нашої країни та за її межами використовуються системи автоматичного керування, які дозволяють здійснювати своєчасне регулювання технологічних параметрів на кожній ділянці, але не забезпечують аналіз технологічних параметрів окремого технологічного етапу та не дозволяють встановити взаємозв'язки між вхідними і вихідними параметрами [1].

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням спиртової промисловості займається чимало науковців В.М. Швець, В.А. Домарецький, В.О. Маринченко, П.Л. Шиян, С.Т. Олійнічук, Т.О. Мудрак та фахівці в даній галузі, які приймають активну участь в удосконаленні та впровадженні новітніх технологій. Їхні дослідження показали, що стан розвитку систем управління характеризується широким використанням комп'ютерно-інтегрованих систем управління. Використання сучасних способів регулювання технологічними процесами розвинуто, але не у всіх галузях промисловості і більшу перевагу мають класичні методи. Перш за все слід виділити методіку керування основними параметрами, зокрема побудова моделей з використанням нечіткої логіки, яка використовується на жаль, не на всіх етапах виробництва.

Відомо чимало способів виробництва етилового спирту [2].

Основними технологічними стадіями в процесі виробництва спирту є:

1. приготування замісу замісу;
2. гідроферментативна обробка сировини;
3. бродіння;
4. ректифікація спирту.

В якості основних зернових культур при приготуванні замісу використовують пшеницю, кукурудзу і ячмінь. У зерні міститься в середньому 14-15% вологи, решта - сухі речовини (крохмал, білок, вуглеводи, клітковина, жир, зола). У сухих речовинах також містяться

вітаміни, мінеральні речовини і ферменти. Останні мають величезне значення, так як технологія етилового спирту з крохмалистою сировини заснована на ферментативному гідролізі зернового крохмалю [4].

Ферменти виконують роль каталізаторів білкового походження, які утворюються і функціонують в усіх живих організмах. Застосування даних препаратів сприяє інтенсифікації технологічних процесів, підвищення виходу спирту, поліпшенню його якості, забезпечує раціональне використання сировинних ресурсів [5].

Однією із важливих стадій технологічного процесу виробництва спирту є приготування замісу. Саме на даній ділянці відбувається змішування зерна з водою в залежності від крохмалистості і вологості зерна з урахуванням того, щоб концентрація замісу замісу не перевищувала допустимі межі 18-20 % за цукрометром. Головна мета - руйнування клітинної структури сировини і переведення крохмалю в розчинний стан з дотриманням температурних режимів [6].

Проведений аналіз існуючих систем автоматичного регулювання основних параметрів замісу замісу дозволив виявити ряд переваг та недоліків. Найбільш розповсюдженим недоліками існуючих систем є:

- використання спеціальних алгоритмів, які розроблені лише для конкретного виробництва та сировини;
- значні витрати енергоресурсів та сировини;
- несвоєчасне регулювання концентрації замісу;
- використання застарілого обладнання.

Найбільш розповсюдженим перевагами існуючих систем є:

- підвищення ефективності технологічного процесу за рахунок покращення стабілізації продуктивності виробництва спирту;
- підвищення ефективності керування;
- зниження втрат сировини та витрат тепла.

Застосування теорії нечітких множин для розв'язання задач по регулюванню технологічних параметрів в регламентних режимах на базі лінгвістичного підходу допоможе знизити енергозатрати, оптимізувати умови розрідження та оцукрення крохмалевмісного замісу, підвищити бродильну активність дріжджів та вихід спирту [7].

Мета роботи. Застосування нечіткої логіки в системі автоматичного регулювання основних параметрів концентрації замісу замісу та візуалізація досліджуваного етапу технологічного процесу виробництва спирту.

Викладення основного матеріалу. Проведені дослідження етапу приготування замісу, а саме процесу змішування основних компонентів з використанням класичних методів математичного моделювання, з визначенням вимірюваних та невимірюваних вхідних та вихідних потоків дозволили відтворити динаміку процесу аналітичним методом. Даний спосіб допоміг провести аналіз без можливості впливу та регулювання вихідного параметра процесу змішування - концентрації замісу. Врахувавши отримані результати запропоновано використати елементи штучного інтелекту для удосконалення моделі процесу.

Використання теорії нечітких множин дозволило побудувати нечітку модель взявши за основу нечіткі правила. Структурна схема нечіткої моделі впливу температури води, вологості зерна, кількості зерна та води, фільтрату барди на зміну концентрації замісу зображена на рисунку 1.

Найбільшого застосування нечітка логіка набула для рішення поставлених завдань автоматичного управління технологічними процесами в прийнятні рішення, щодо контролю та регулювання параметрів процесу, визначення оптимальних значень та прогнозування.

Нечітка логіка базується на понятті нечіткої множини як об'єкта з функцією належності елемента до множини (англ. Membershipfunction), яка може набувати будь-яких значень в інтервалі $[0, 1]$, а не тільки 0 або 1. Існує більше десяти типових форм кривих для завдання функцій належності. Найбільшого поширення набули трикутні, трапецеїдальні та гаусові функції. На основі цього поняття проводяться різні логічні операції над нечіткими множинами, формується поняття лінгвістичної змінної, як значення якої виступають нечіткі множини та формується нечіткий висновок щодо контролю та регулювання концентрації замісу [8,9].

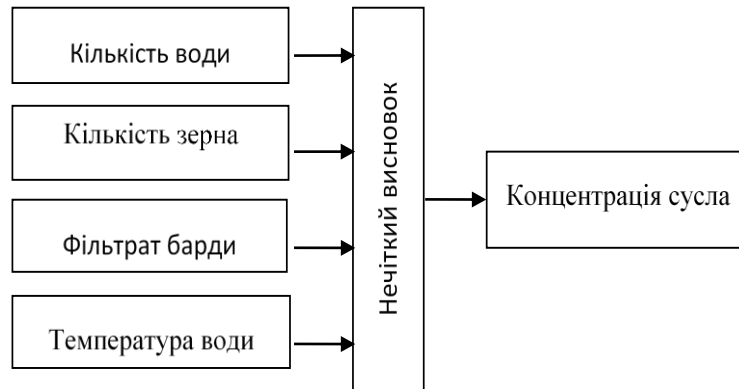


Рисунок 1. Структура нечіткої моделі впливу основних вхідних даних на зміну концентрації замісу

Застосування правил нечіткої логіки було реалізовано з використанням програмного середовища Matlab, яке дозволяє розробити чіткий алгоритм для виведення нечіткого логічного висновку з формуванням необхідних баз знань. Середовище моделює залежність $Y=f(X)$, де Y – вихідна концентрація замісу, а X – вектор вхідних параметрів процесу змішування: кількість води, кількість зерна, фільтрат барди, температура води.

У даній роботі було застосовано нечітку логіку та отримано функції належності методом трикутників. Практичні показники параметрів технологічного процесу, які використовуються для теоретичних розрахунків, отримані з Марилівського спиртзаводу. Розрахунки, побудова бази правил та нечіткий висновок проводились в середовищі Matlab. Фрагмент програмної реалізації нечіткої логіки методом трикутників в середовищі Matlab подано на рисунку 2.

```

Editor - ІДІсервія\Прога заміс\Trukutnik.m
Trukutnik.m
22 -   fis=addvar(fis,'input','Витрата зерна',[minIn1 maxIn1]);
23 -   for i=1:nIn1
24 -       fis=addmf(fis,'input',1,num2str(i),'trimf',minIn1+[(i-2)*hIn1 (i-1)*hIn1 i*hIn1]);
25 -   end;
26
27 -   fis=addvar(fis,'input','Витрата води',[minIn2 maxIn2]);
28 -   for i=1:nIn2
29 -       fis=addmf(fis,'input',2,num2str(i),'trimf',minIn2+[(i-2)*hIn2 (i-1)*hIn2 i*hIn2]);
30 -   end;
31
32 -   fis=addvar(fis,'input','Фільтрат барди',[minIn3 maxIn3]);
33 -   for i=1:nIn3
34 -       fis=addmf(fis,'input',3,num2str(i),'trimf',minIn3+[(i-2)*hIn3 (i-1)*hIn3 i*hIn3]);
35 -   end;
36
37 -   fis=addvar(fis,'input','Температура води',[minIn4 maxIn4]);
38 -   for i=1:nIn4
39 -       fis=addmf(fis,'input',4,num2str(i),'trimf',minIn4+[(i-2)*hIn4 (i-1)*hIn4 i*hIn4]);
40 -   end;
41
42 -   fis=addvar(fis,'input','Вологість зерна',[minIn5 maxIn5]);
43 -   for i=1:nIn5
44 -       fis=addmf(fis,'input',5,num2str(i),'trimf',minIn5+[(i-2)*hIn5 (i-1)*hIn5 i*hIn5]);
45 -   end;
46
47 -   fis=addvar(fis,'output','Концентрація',[minOut maxOut]);
48 -   for i=1:nOut
49 -       fis=addmf(fis,'output',1,num2str(i),'trimf',minOut+[(i-2)*hOut (i-1)*hOut i*hOut]);
50 -   end;
  
```

Рис. 2. Програмна реалізація нечіткої логіки методом трикутників в середовищі Matlab.

На базі проведених досліджень розроблено візуалізацію технологічного процесу з використанням об'єктно-орієнтованої мови програмування Delphi, яка дозволяє відобразити вплив вхідних даних кількості зерна, кількості води, фільтрату барди та температури води на вихідне значення концентрації замісу. Загальний вигляд головного вікна програми для приготування замісу зображено на рисунку 3.



Рис. 3. Головне вікно програми

Розглянемо одну функцію належності вхідної величини «Витрата зерна» та функцію належності концентрації вихідної величини «Концентрація», рисунок 4 та рисунок 5 - відповідно.

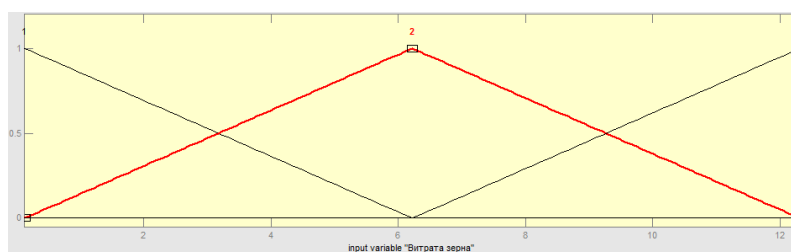


Рис. 4. Функція належності вхідної величини «Витрата зерна»

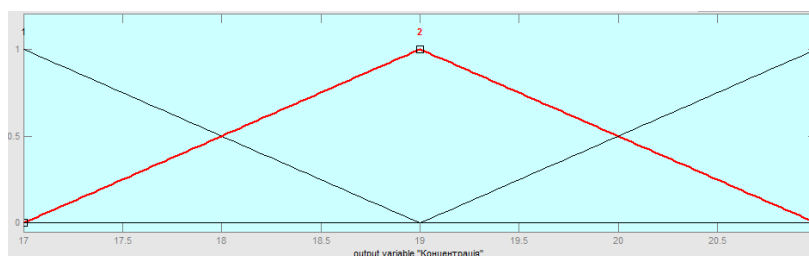


Рисунок 5. Функція належності вихідної величини «Концентрація»

Застосування нечіткої логіки для системи регулювання параметрів процесу змішування, для початку необхідно активувати кнопку «Подати зерно», лише тоді програма звертається до бази даних у якій знаходяться реальні дані отримані з виробництва, а також до даних концентрації отриманих на основі побудови нечітких моделей та відображається у вікні «Концентрація».

Після виводу даних на екран здійснюється обробка та перевірка отриманої концентрації. Якщо показник концентрації потрапляє в межі трикутника №2, тоді концентрація в нормі (знаходиться в допустимих межах), якщо потрапляє в межі трикутника №1 або №3, то виникає критична ситуація, що передбачає регулювання параметрів технологічного процесу на зменшення або збільшення кількості зерна. Межі критичних ситуацій функцій належності вихідної величини «Концентрація» зображені на рисунку 6.

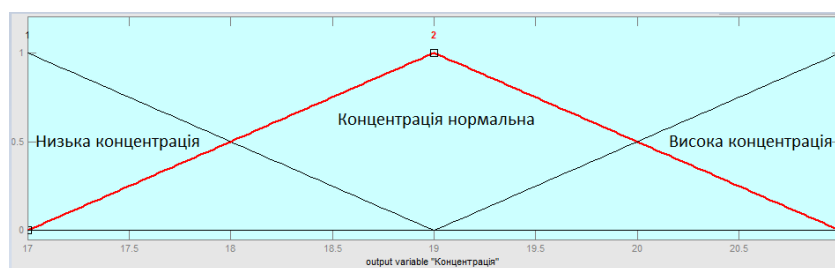


Рисунок 6. Межі критичних ситуацій функції належності вихідної величини «Концентрація»

В програмному середовищі передбачено інформування оператора про покази концентрації замісу, які знаходяться в допустимих межах, що відображено на рисунку 7 або наявні відхилення, які виникають при зміні кількості води і зерна на рисунку 8.

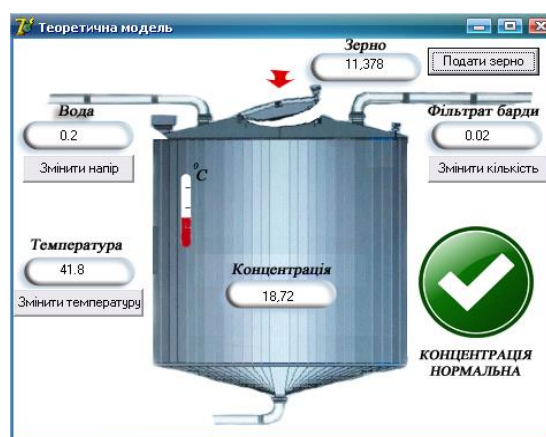


Рисунок 7. Концентрація знаходиться в допустимих межах

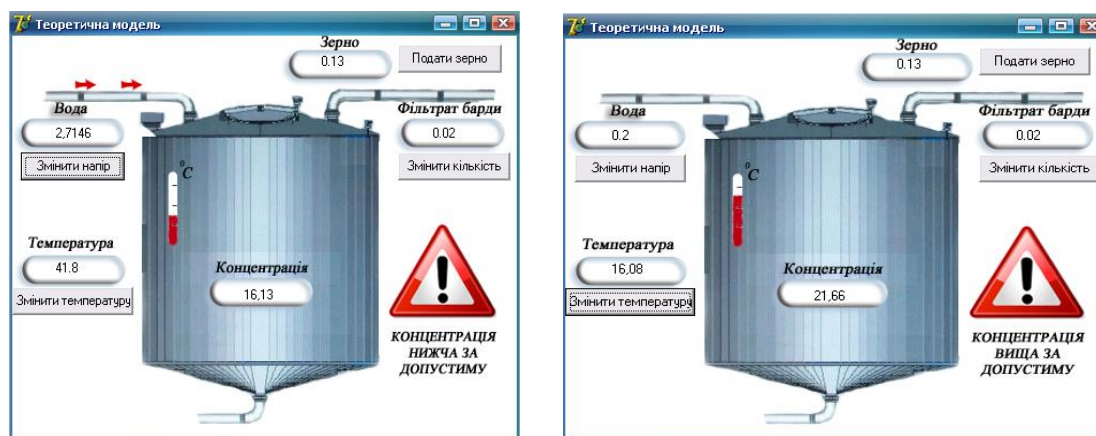


Рисунок 8. Відображення зміни концентрації замісу

Висновок. Таким чином в даній роботі було представлено застосування нечіткої логіки в системі автоматичного регулювання основних параметрів концентрації замісу з візуалізацією досліджуваного етапу технологічного процесу виробництва спирту та їх результативність.

Застосування правил нечіткої логіки було реалізовано з використанням програмного середовища Matlab, яке дозволяє розробити чіткий алгоритм для виведення нечіткого логічного висновку з формуванням необхідних баз знань.

Крім того, у даній роботі були отримані функції належності методом трикутників, з використанням даних, що отримані з Марилівського спиртзаводу.

Як бачимо, на прикладі взаємоузгодженості функції належності вхідної величини «Витрата зерна» та «Меж критичних ситуацій» функції належності вихідної величини «Концентрація» нечіткі множини дали змогу застосовувати лінгвістичний опис складних процесів в системі автоматичного регулювання основних параметрів концентрації замісу замісу досліджуваного етапу технологічного процесу виробництва спирту та встановлювати нечіткі відношення між поняттями, прогнозувати поведінку системи, сформулювати множини альтернативних дій, виконати формальний опис нечітких правил прийняття рішень.

Інформаційні джерела

1. Маркіна Л.М. Моделювання процесу термоферментативної обробки зернових замісів на базі нечітких множин. Луцький національний технічний університет. ПЛ-НТУ Транскордонний обмін досвідом. Том 5. Луцьк 2015.- с.71-86.

2. Патент UA 36930, МПК: C12G 3/02. Спосіб виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини / Васильківський М.К., Павленко М.О., Жолнер І. Д., Сосницький В.В., Маринченко В.О., Сизько В.Б., Бобильов В.О., Загарія І.С., Петрівський В.К. 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.

3. Патент UA 22494, МПК: C12G 3/02. Спосіб виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини / Швець В.Н., Иванова Л.А., Мыслинская С.А., Королюк Т.А. Опубліковано: 03.03.1998

4. Справочник по производству спирта. Сырье, технология и теххимконтроль / [В.Л. Яровенко, Б.А. Устинников, Ю.П. Богданов, С.И. Громов].- М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. -336 с.

5. Римарева. Л.В. Теоретические и практические основы ферментативного катализа полимеров зернового сырья в спиртовом производстве/ Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Абрамова И.М. // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2008. — № 3. — С. 4–9

6. Технологія спирту. Маринченко В.О., Домарецький В.А., Шиян П.Л., Швець В.М., Циганков П.С., Жолнер І.Д.. /Під ред. проф. Маринченка В.О. - Вінниця: "Поділля-2000", 2003. - 496 с.

7. Маркіна Л. М., Городинський Д. С. Методи нечіткої логіки в управлінні процесом водно-теплової обробки при виробництві спирту //Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2013. – №. 12. – С. 123-129.

8. Субботін, С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень [Текст] / С. О. Субботін. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с. 8. Штовба, С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Текст] / С. Д. Штовба. – М.: Телеком, 2007. – 288 с.

9. Кравченко, М. О. Застосування методів нечіткої логіки для визначення інтегрального показника фінансової стійкості підприємств [Текст] / Марина Олегівна Кравченко // Економічний аналіз: зб. наук. праць / Тернопільський національний економічний університет; редкол.: О. В. Ярошук (голов. ред.) та ін. – Тернопіль: Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2016. – Том 26. – № 1. – С. 123-129.

Маркіна Л.М., Сацьк В.А., Смолянкін А.А.

Луцький національний технічний університет, г. Луцьк, Україна

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАМЕСА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПИРТА

В статті проведено дослідження стадій технологічного процесу виробництва спирту, а саме приготування замеса. Проведено аналіз існуючих систем автоматичного регулювання на даному участку. Представлено застосування нечіткої

логики в системе автоматического регулирования основных параметров концентрации замеса с визуализацией изучаемого этапа технологического процесса производства спирта и их результативность. Наибольшее применение нечеткая логика приобрела для решения поставленных задач автоматического управления технологическими процессами в принятии решений относительно контроля и регулирования параметров процесса, определения оптимальных значений и прогнозирования. Применение правил нечеткой логики было реализовано с использованием программной среды Matlab, которая позволяет разработать четкий алгоритм для вывода нечеткого логического вывода с формированием необходимых баз знаний. Нечеткие множества позволили применять лингвистичное описание сложных процессов в системе автоматического регулирования основных параметров исследуемого этапа технологического процесса производства спирта. На базе проведенных исследований разработана визуализация технологического процесса с использованием объектно-ориентированного языка программирования Delphi, позволяющая отразить влияние входных данных количества зерна, количества воды, фильтрата барды и температуры воды на исходное значение концентрации замеса.

Ключевые слова: замес, концентрация, система автоматической регулировки, нечеткая логика.

Markina L.M., Satsyk V.A., Smolyankin A.A.

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

THE USE OF FUZZY LOGIC IN THE SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF THE KIND CONCENTRATION IN THE PRODUCTION OF ALCOHOL

The article examines the stage of the technological process of alcohol production, namely the preparation of the mixture. The analysis of the existing systems of automatic regulation on the given site is carried out. The application of fuzzy logic in the system of automatic regulation of the main parameters of batch concentration with the visualization of the studied stage of the technological process of alcohol production and their effectiveness is presented. The most widely used fuzzy logic has been used to solve the tasks of automatic control of technological processes in decisions, control and regulation of process parameters, determination of optimal values and forecasting. The application of fuzzy logic rules was implemented using the Matlab software environment, which allows to develop a clear algorithm for deriving a fuzzy logical conclusion from the formation of the necessary knowledge bases. Fuzzy sets made it possible to apply a linguistic description of complex processes in the system of automatic regulation of the main parameters of the studied stage of the technological process of alcohol production. Based on the research, a visualization of the technological process using object-oriented programming language Delphi was developed, which allows to display the influence of input data on grain quantity, water quantity, bard filtrate and water temperature on the initial value of batch concentration.

Key words: change, concentration, automatic regulation system, unclear logic.