

УДК 681.5/663.5

С. П. Воробюк, В. В. Древецький, д.т.н.

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗАМІСУ В СПИРТОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Національний університет водного господарства та природокористування

E-mail: [sergiy.vorobyuk@gmail.com](mailto:sergiy.vorobyuk@gmail.com)

*Розглянуто процес підготовки замісу в спиртовому виробництві. Запропоновано систему автоматичного контролю якості замісу із використанням сучасних інформаційних технологій.*

*Ключові слова: заміс, сухий залишок, система автоматичного контролю, автоматизоване робоче місце.*

### Вступ

Виробництво спирту включає у себе такі процеси: підготовку сировини до розварювання, розварювання сировини з водою для руйнування клітинної структури і розчинення крохмалю; охолодження розвареної маси і оцукрення крохмалю ферментами солоду або мікроорганізмів; зброджування цукрів дріжджами у спирт; виділення спирту із бражки і його ректифікацію, а також приготування солоду шляхом пророщування зерна або культивування грибків і бактерій для одержання ферментних препаратів.

Під час приготування замісу помел зерна змішують з водою у співвідношенні 2,5÷3,0 л на 1 кг помелу. Кількість води змінюють у залежності від крохмалистості та вологості зерна з урахуванням того, щоб концентрація сусла була 18÷20 % за цукроміром [1].

Під час визначення сухих речовин відбувається ручний відбір проби, фільтрування, охолодження та вимірювання концентрації по масі сухих речовин. Температуру замісу регулюють у залежності від дисперсності помелу зерна. Для зменшення в'язкості замісу використовують бактеріальні препарати.

Нормованими є технологічні показники сусла з концентрацією 16 – 18 % сухих речовин. При використанні бактеріальної амілази (глюкоамілази) для інтенсифікації процесу розщеплення молекул крохмалю можна досягти концентрації 19 % і вище. Підвищення концентрації до вказаних меж забезпечить збільшення продуктивності на 12 – 13 % [2].

### Постановка завдання

Метою розварювання замісів сировини на спиртзаводі є вивільнення крохмалю з рослинних клітин та переведення крохмалю у розчинний стан. У процесі розварювання проходить також стерилізація замісів, що важливо в подальших технологічних процесах оцукрювання і зброджування. Основними вимогами до установок розварювання є підготовка крохмалевмісної сировини для оцукрювання при мінімальних витратах теплової і електричної енергії. Установки повинні бути зручними в обслуговування та безпечними в експлуатації [1]. Виконання всіх перерахованих вимог неможливе без автоматизації технологічних процесів, які відбуваються при підготовці замісу та використанні алгоритмів обрахунку спроможних віднайти складні взаємозв'язки між виміряними параметрами для знаходження їх оптимальних значень та підвищення продуктивності всього виробництва.

### Основний матеріал статті

Основним параметром, що контролюється в процесі підготовки замісу, є сухий залишок. Нами встановлено зв'язок між величиною сухого залишку фільтрату замісу і його в'язкістю [3]. Обрахунок в'язкості замісу забезпечить неперервність отримання вимірювальної інформації про хід технологічного процесу та дозволить автоматизувати його.

Для вирішення поставленого завдання пропонується використання алгоритмів на базі штучних нейронних мереж (ШНМ). Можливість навчання є однією з головних переваг нейронних мереж перед традиційними алгоритмами. Навчена на великій кількості даних нейромережа спроможна опрацювати неповні, “зашумлені”, частково перекручені вхідні параметри, видавши на виході вірний результат. Раніше була показана можливість використання штучних нейронних мереж в якості інформаційно-вимірювальної програмної частини здатної зв'язати виміряні показники замісу із якісним контрольованим показником – сухим залишком [4].

### Вибір оптимальної структури нейронної мережі

Для обробки складних взаємозв'язків між вимірними параметрами та визначення їх впливу на сухий залишок замісу нами використано ШНМ. Навчання та тестування мереж проведено на отриманих за допомогою розробленої інформаційно-вимірної системи даних. Для вибору оптимальної структури нейронної мережі в якості еталонної рідини досліджувалась вода.

Входами нейронної мережі при цьому слугували перепад тиску на чутливому елементі, об'ємна витрата й температура води, а цільовим виходом динамічна в'язкість. Під час експериментів температура води змінювалась в межах  $15,2 \div 27,2$  °С, перепад тиску становив  $8,8 \div 54$  кПа, витрата через дросель набувала значень в діапазоні від  $1,97 \cdot 10^{-5}$  до  $5,81 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с. При цьому реальні значення динамічної в'язкості знаходились в межах від  $0,851 \cdot 10^{-3}$  до  $1,139 \cdot 10^{-3}$  Па·с. Навчання мережі було проведено на основі 57 результатів дослідів протягом 10000 епох.

Навчання та тестування проводилося засобами додатку Neural network toolbox пакету прикладного програмного забезпечення Matlab. Враховуючи те, що характер взаємозв'язку між вхідними параметрами наперед не відомий, використовувалися різні варіації функцій активації нейронів (tansig, purelin, logsig) при різній кількості шарів та нейронів у шарах. В результаті перевірки точності відтворення даних спроектованими нейронними мережами було обрано структуру нейронної мережі, що складається з двох шарів нейронів з кількістю 20 нейронів у прихованому шарі з передаточними функціями pureline-pureline.

### Структура системи контролю

Основними вимогами до структури системи контролю якості приготування замісу на спиртзаводі є безперервний контроль якісних показників в режимі реального часу та висока точність вимірювання інформативних параметрів. Також спроектована система повинна вміти враховувати поправки для обрахованого значення в'язкості замісу для діапазону робочих температур. Система має складатись з окремих блоків стандартного промислового обладнання для забезпечення гнучкості та взаємозамінності її елементів. Структурна схема системи автоматичного контролю якості приготування замісу на спиртзаводі зображена на рис. 1.

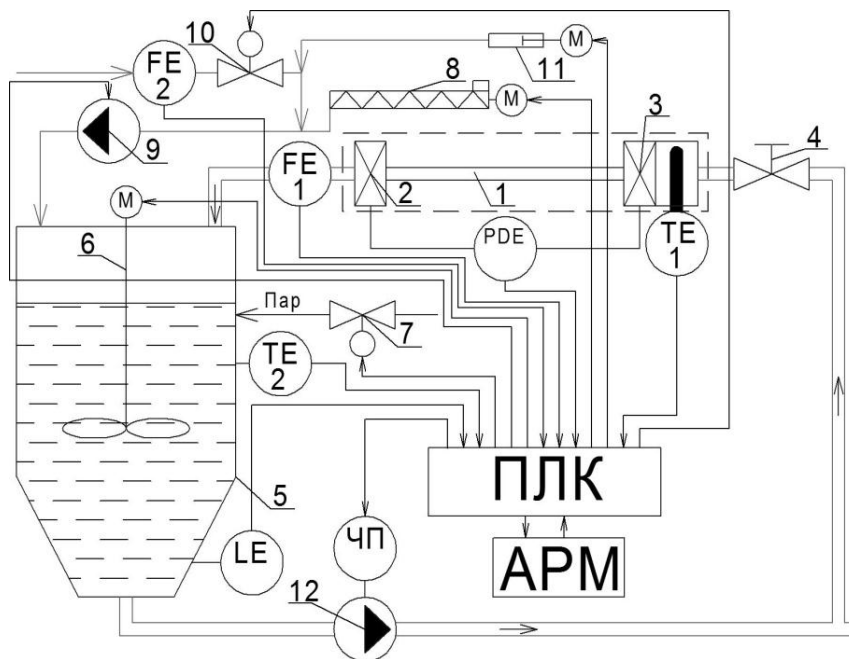


Рис. 1. Структурна схема системи автоматичного контролю якості замісу

Чутливим елементом системи служить дросель 1. Внутрішній діаметр капіляра обирається з умови проходження крізь нього твердих частинок помелу, що завжди наявні в складі замісу. З обох кінців до капіляра за допомогою вхідних камер 2 та 3 під'єднано диференціальний манометр PDE. Витрата що проходить через дросель залежить від ступеня відкриття ручного вентиля 4. Температура замісу, який протікає через дросель вимірюється давачем

температури ТЕ1. Сам капіляр при цьому разом із вхідними камерами та давачем ТЕ1 термостатовано. Це зроблено з метою зменшення втрат тепла, яке розсіюється вздовж чутливого елемента та відповідно підвищення достовірності вимірювання температури досліджуваного. Миттєве значення об'ємної витрати досліджуваного середовища вимірюється за допомогою витратоміра FE1. Тип витратоміра обрано відповідно до умов двокомпонентної суміші з урахуванням діапазону витрат та температури замісу. Після вимірювання системою температури замісу, перепаду тиску на чутливому елементі та миттєвої витрати замісу досліджуване середовище надходить знову в чан замісу 5. Відразу відбувається перемішування за допомогою мішалки 6 зворотного поверненого досліджуваного середовища з основною масою замісу в чані. Температура в чані вимірюється за допомогою давача температури ТЕ2. Управління температурою в чані замісу відбувається шляхом зміни витрати пару, що залежить від ступеня відкриття клапана 7. Помел на вході в чан замісу подається з використанням шнека 8. Далі помел поступає на дисмембратор 9. Також до помелу додається тепла вода. Витрата теплої води при цьому вимірюється витратоміром FE2, а керування витратою відбувається з використанням регулюючого клапана 10. Дотримання заданого оператором масового співвідношення вода/помел відбувається автоматично протягом всього часу коли готується заміс. На це співвідношення в першу чергу впливає якість сировини, особливо крохмалистість, від значення якої обраховується величина витрати умовного крохмалю. Залежно від цієї величини витрати формується завдання для дозування в теплу воду ферментів, які допомагають розщепити молекули крохмалю. Це завдання подається на дозуючий насос 11. Заміс із чана замісу неперервно викачується відцентровим насосом 12. Величина рівня в чані замісу підтримується шляхом зміни витрати на виході з нього, при цьому керування надходить на частотний перетворювач ЧП який з'єднаний із насосом 12. Точка відбору проби розташована так щоб напор створеного насосом 12 вистачало для відбору, дослідження та повернення замісу назад в чан. Всі виміряні параметри надходять на програмований логічний контролер (ПЛК). ПЛК є базовим пристроєм для вимірювання, обробки інформації, формування та передачі керуючих впливів на виконавчі механізми. ПЛК обмінюється даними з автоматизованим робочим місцем (АРМ). АРМ базується на інтегральному середовищі розробки - Scada системі Trace Mode. Апаратне забезпечення ПЛК підібрано таким чином щоб за допомогою аналогових та дискретних входів/виходів забезпечити збір інформації від давачів, провести первинну обробку сигналів, а також видати сигнали керування виконавчим механізмам. Всі дані та дії оператора записуються в архів.

### Висновки

Запропоновано систему автоматичного контролю якості замісу, що ґрунтується на безперервному вимірюванні в'язкості замісу. Спроектовано структурну схему системи контролю якості замісу. Враховано можливості інтеграції розробленої системи до загальнозаводських систем управління на спиртовому виробництві.

### Список літературних джерел

1. Маринченко В. О. Технологія спирту / В.О.Маринченко, В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, В.М.Швець, П.С.Циганков, І.Д.Жолнер. / Під ред. проф. В.О.Маринченка. – Вінниця: "Поділля-2000", 2003. – 496 с.
2. Яровенко В. Л. Справочник по производству спирта. Сырье, технология и химконтроль / В. Л. Яровенко, Б. А. Устинников, Ю. П. Богданов, С. И. Громов. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 336 с.
3. Древецький В.В. Контроль величини сухого залишку замісу по в'язкості зерно-мучної суміші / В. В. Древецький, С. П. Воробюк, В. М. Кутя // Вісник Інженерної Академії України. – 2012. - №3,4. – С.180-182.
4. Воробюк С. П. Використання нейронних мереж при автоматизації процесу водо-теплової обробки замісу / С.П. Воробюк, В.В. Древецький// Збірка тез Шостої міжнародної науково-практичної конференції "Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси" (ІРТК-2013), К.: НАУ, 2013.- С. 100-102.