

УДК 621.337.1

DOI 10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2023-22-19

Смолянкін О.О., Маркіна Л.М., Решетило О.М., Сацик В.О.
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

АНАЛІЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НА БАЗІ СИСТЕМИ ПРОГРАМУВАННЯ NODE-RED ДЛЯ КОНТРОЛЕРІВ RASPBERRY PI

В статті проводиться аналіз систем курування в'язкості зернового сусла. Визначена ділянка технологічного процесу, яка на даний момент є малодосліджена з точки зору розробки системи керування, що забезпечить дотримання кількісних та якісних показників вихідної продукції – спирту, тому вирішення даної проблеми пропонуємо реалізувати з використанням сучасних технологій, а саме із застосуванням середовища візуального програмування Node-Red для керування досліджуваного параметру на основі одноплатного контролера Raspberry Pi. Розроблена система керування в'язкості пшеничного сусла при використанні спирту на базі Node-red може бути ефективним та простим способом для автоматизації процесу виробництва спирту, що дозволяє точно та стабільно контролювати в'язкість сусла та забезпечує високу якість виробу. Наведено приклад програми в середовищі Node-Red з використанням мови JS.

Ключові слова: в'язкість, система програмування Node-Red, одноплатний контролер Raspberry Pi, нечітка логіка, JavaScript.

Постановка проблеми. Спиртова промисловість України відноситься до однієї з найрозвинутіших галузей. Технологічний процес виробництва спирту є енергетично та ресурсовитратним, тому за останні десятиліття було впроваджено чимало новітніх технологій, які дозволили досягнути позитивного економічного ефекту. Серед найпоширеніших є низькотемпературне термоферментативне оброблення крохмалевмісної сировини: пшениці, жита, ячменю та кукурудзи. Даний процес передбачає виконання таких етапів: приготування замісу, розварювання та оцукрення. На кожній з перерахованих ділянок відбуваються складні біохімічні, механічні та теплові процеси. Технологія отримання етилового спирту із крохмалистої зернової сировини базується на ферментативному гідролізі зернового крохмалю та послідовному зброджуванні новоутворених цукрів дріжджовими мікроорганізмами [1]. Дотримання параметрів згідно технологічного регламенту на кожній ділянці забезпечує кількісні та якісні показники вихідної продукції – спирту, тому постає питання встановлення взаємозалежності технологічних показників на кожній ділянці процесу для забезпечення своєчасного контролю та регулювання процесу загалом. Вирішення даної проблеми можливе із впровадженням сучасних технологічних рішень, які будуть інтегровані в розроблену систему керування для даної ділянки технологічного процесу.

Основне завдання та одержані результати роботи. Одним із найпоширеніших методів На сьогоднішній день виробництво спирту є автоматизованим. Чимало вітчизняних та закордонних вчених провели дослідження в даній галузі та впровадили власні розробки, як з точки зору технології так і систем автоматичного регулювання. При розгляді етапів виробництва було виявлено, що ділянка приготування замісу, яка є початковим етапом, є найменш досліджена та потребує більш детального аналізу. На даній ділянці передбачено наступні технологічні операції: подача води, зерна, ферментів та змішування всіх компонентів в змішувачі при температурі 45-65°C. Важливою особливістю приготування замісу є отримання водно-зернової суміші нагрітої до вказаної температури, заданої концентрації сухих речовин та в'язкості, які в свою чергу залежать від оптимального співвідношення рідких та сипких компонентів.

Процес нагрівання зернового сусла під час проведення водно-теплової обробки характеризується наступними стадіями: часткове розчинення сухих речовин та клейстеризація, яка призводить до різкого підвищення в'язкості замісу.

Збільшенням в'язкості середовища призводить до певних труднощів при проведенні технологічних процесів через зниження їх плинності. У нашому випадку в'язкість визначає ступінь рухливості замісу та рухливість водно-зернової суміші при транспортуванні [5].

Одним із методів зниження в'язкості водно-зернової суспензії є використання ферментних препаратів α -амілази, що забезпечують деструкцію молекул крохмалю, що

приводить до розрідження замісів, не викликає значного накопичення цукрів і не впливає на втрати зброджуваних речовин при розварюванні. Для цього тонко подрібнена сировина змішується з водою та ферментним препаратом у змішувачі [3].

Оскільки в'язкість визначає ступінь рухливості замісу, тобто рухливість водно-зернової суміші при транспортуванні, то температуру замісу підтримують не вище 50°C. Температура замісу повинна забезпечити з однієї сторони таку в'язкість замісу, що дозволяє перекачувати зернові заміси насосами, а з іншої сторони дає можливість, пом'якшити режими розварювання з тим, щоб знизити втрати речовин, що зброджуються, і поліпшити використання вуглеводів сировини при переробці спирту.

На даній ділянці процесу було проведено чимало досліджень такими науковцями, як І. Гулий, А. Українець, П. Шиян, В. Маринченко, В. Домарецький, С. Циганков, Л. Ткаченко, В. Сосницький, які внесли чималий вклад для удосконалення та впровадження нових технологій на даному етапі технологічного процесу. Аналіз їх досліджень дозволив зробити висновок, що цикл впровадження дає свій позитивний результат з точки зору покращення технології виробництва, але не з погляду на контроль та регулювання ключовим параметром, таким як в'язкість замісу.

В існуючих працях науковців зазначено, що основна увага при розробці систем автоматичного регулювання приділялась лише контурам регулювання витрати води, зерна та їхнього співвідношення, а також регулювання температури та кількості гострої пари, яка використовується для розварювання замісу.

В одному із проведених раніше досліджень було розроблено систему керування з використанням плати dSPACE та розроблено модель процесу в середовищі Matlab, яка забезпечувала контроль та регулювання концентрації крохмалю у водно-зерновій емульсії. За допомогою інтегрованих в MATLAB інструментів dSPACE були розроблені закони управління та створені структурні схеми в Simulink, які автоматично перетворювалися у виконуваний код і завантажувалися в контролери, встановлені на шинах персональних комп'ютерів. Ручне програмування контролерів вимагало б набагато більших витрат часу [2].

Використання контролерів ds1104 фірми dSPACE дало змогу реалізувати ефективну систему керування процесом, але поряд з цим має чимало недоліків, серед яких: вартість, вузькопрофільність у використанні, програмування здійснюється лише на Matlab, час обробки даних і видачі керуючих сигналів від датчиків до контролера та в зворотному напрямку до виконавчих механізмів може бути достатньо великим, що не задовольняє часовим інтервалам технологічного процесу. В розробленій системі автоматичного керування, окрім зазначених недоліків не здійснювався вимір в'язкості замісу ні лабораторно, ні автоматично.

Для вирішення виявлених проблем в існуючих системах керування пропонуємо використання САР в'язкості замісу на базі Node-red.

Система керування в'язкості пшеничного суслу при використанні спирту може бути реалізована на базі Node-red – візуального інструменту для розробки потоків даних [6]. Для реалізації такої системи можуть бути використані наступні компоненти:

1. Датчики в'язкості – для вимірювання в'язкості суслу в реальному часі.
2. Клапани – для регулювання потоку спирту у сусло.
3. Контролер – для збору даних від датчиків в'язкості та керування клапанами на основі цих даних.

Для вимірювання в'язкості можуть використовуватися датчики, які підключені до контролера за допомогою певного протоколу комунікації (наприклад, MODBUS). Дані з датчиків можуть бути зчитані контролером, який може виконувати обчислення в'язкості та надсилати її значення до іншого компонента системи.

Клапани використовуються для регулювання потоку спирту в сусло. Клапани підключені до контролера, який може відкривати або закривати їх залежно від значень в'язкості, отриманих від датчиків в'язкості.

Контролер виконує збір даних від датчиків в'язкості, обробляє ці дані та приймає рішення про відкриття або закриття клапанів. Для цього можуть бути використані функції вузлів Node-red, такі як функції розгалуження, порівняння, обчислення, тощо. З контролера надсилаються повідомлення адміністратору системи у разі, якщо в'язкість суслу виходить за певний порівняний діапазон значень. Контролер може бути побудований на базі платформи Node-red, яка дозволяє візуально створювати та збирати різні функціональні блоки.

Крім того, система може включати в себе інші компоненти, такі як регулятор температури та в'язкості суслу, систему автоматичного додавання спирту, систему моніторингу рівня рідини та ін. Завдяки використанню платформи Node-red, можливо візуально побудувати та настроїти всю систему з мінімальними зусиллями [7]. Одним з ключових переваг використання Node-red є те, що система може бути реалізована без необхідності в програмуванні високорівневою мовою. Node-red дозволяє візуально створювати потоки даних, з'єднувати різні функціональні блоки та настроювати їх параметри без програмування на високорівневій мові.

Отже, система керування в'язкості пшеничного суслу при використанні спирту на базі Node-red може бути ефективним та простим способом для автоматизації процесу виробництва спирту. Вона дозволяє точно та стабільно контролювати в'язкість суслу та забезпечує високу якість виробу.

Дана система керування в'язкості пшеничного суслу на базі Node-red, спроектована на базі однопалатного комп'ютера Raspberry Pi (рис.1). На відповідні входи GPIO підключенні датчики та пристрої.

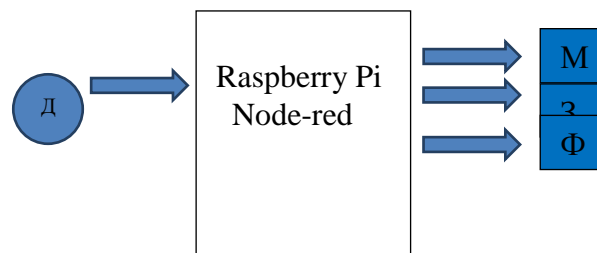


Рисунок 1– Структурна схема керування в'язкості пшеничного суслу на базі Node-red:
Д – датчик в'язкості; М - мішалка в ємності для приготування замісу; З – змійовик;
Ф – фермент.

В середовищі Node-RED за допомогою блоків, створюється програма яка отримує дані з датчика в'язкості та відправлення їх на веб-сайт. Нижче наведено кілька прикладів потоків для Node-RED (рис. 2) [8].

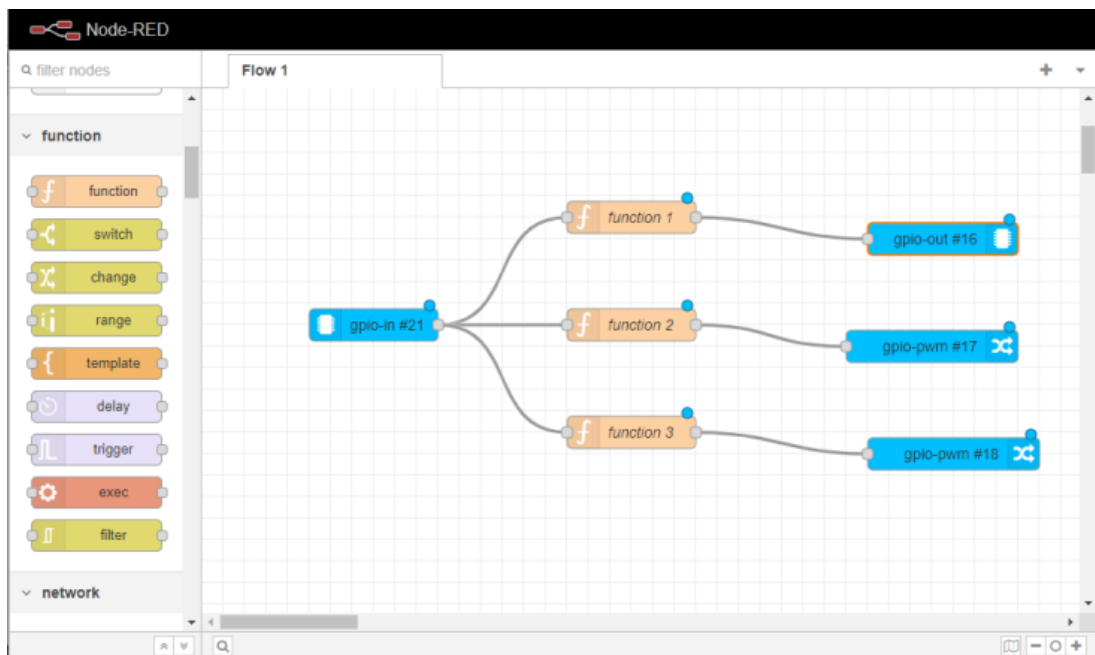


Рисунок 2 – Реалізація потоків в середовищі Node-red

Датчик в'язкості підключений на порт GPIO21. З даного датчика інформація про поточну в'язкість надходить на вхід блоку gpio-in #21. Блоки function1, function2 та function3 описують алгоритм керування мішалкою, подачею гарячої води в змійовик та ферментів.

Алгоритм написаний на мові JScript, який перевіряє значення поточної в'язкості і видає керуючий сигнал на вихід блоку (рис. 3).

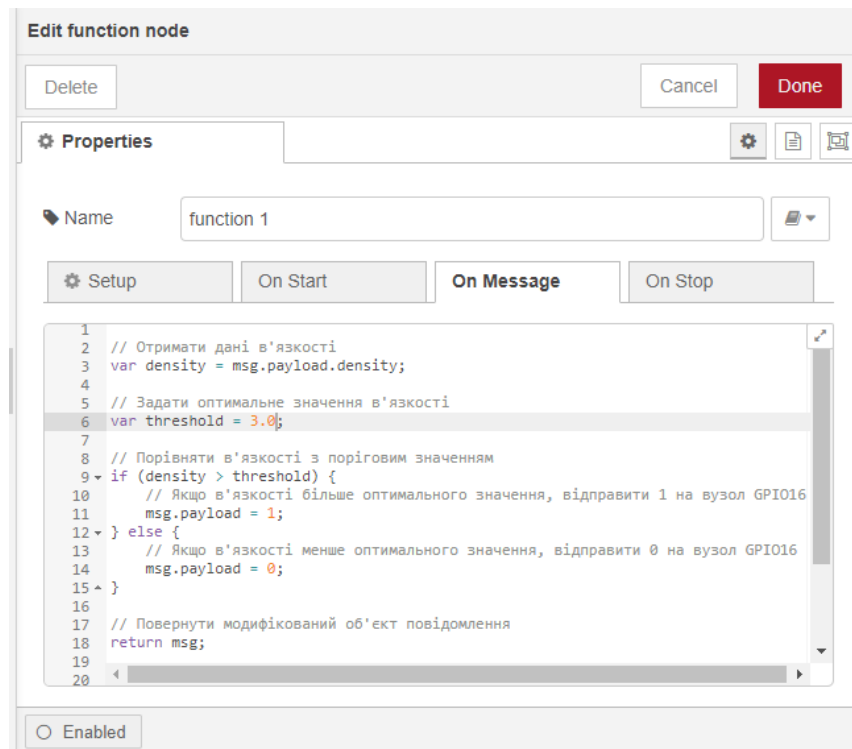


Рисунок 3 – Алгоритм на Jscript для керування мішалкою в ємності

Також важливо забезпечити зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для керування системою. Для цього можна використовувати веб-інтерфейс, який дозволяє керувати системою з будь-якого пристрою з доступом до Інтернету. Також можна використовувати мобільні додатки, які дозволяють контролювати процес виробництва зі смартфона або планшета.

Для передачі даних на Azure можна використовувати різні протоколи, такі як MQTT, HTTP або HTTPS. Передача даних може здійснюватися за допомогою спеціальних бібліотек та сервісів, які забезпечують безпечний зв'язок та зберігання даних на серверах Azure.

Висновок. У даному статті було один із варіантів побудови системи керування в'язкістю зернового суслу з використанням спирту на базі Node-RED, яке дозволяє створювати потоки з вузлів, які взаємодіють з пристроями, виконують різні дії та обробляють дані. В розробленій системі були задіяні кілька потоків Node-RED, які можуть використовуватися для даної системи. Вона включає отримання даних з датчика та відправлення їх на веб-сайт, керування з веб-інтерфейсу та отримання даних з бази даних. Крім того, було розглянуто вузол Function, який отримує дані в'язкості, перевіряє їх з заданим значенням та видає керуючий сигнал на вузол GPIO. В цьому вузлі можна застосувати нечітку логіку для покращення точності та стабільності системи керування.

У подальших дослідженнях буде проведено дослідження, щодо застосування Node-RED у поєднанні з нечіткою логікою, яка реалізувати гнучкі та ефективні системи керування з використанням візуального програмування. Це може бути особливо корисно у випадках, коли потрібно швидко прототипувати, розгорнути та вдосконалювати системи керування.

Інформаційні джерела

1. Технологія спирту. URL: <http://kachat-knigi.ru/spirt-vodka/2009-02-07-Tehnologiya-spirta.htm> (дата звернення 29.04.2023р.)
2. Смолянкін О., Маркіна Л. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗАМІСУ У ЗМІШУВАЛЬНОМУ БАКУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СПИРТУ. WORLD SCIENCE. 2018. Vol.2, № 6(34). DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/12062018/5820.
3. Патент на корисну модель № 151663 UA МПК(2022) C12C 7/04, G05B 15/00. Спосіб автоматичного керування приготуванням замісу при виробництві етилового спирту із

крохмалевмісної сировини /Пальчевський Б.О., Маркіна Л.М.,- № у 202200653; Заявл. 14.02.2022; Опубл. 25.08.2022, Бюл.№ 34. 3с.

4. Процан, Н. В., & Ткаченко, Л. В. (2021). АКТИВАЦІЯ ФЕРМЕНТІВ ПІД ЧАС РОЗВАРЮВАННЯ ЖИТНІХ ЗАМІСІВ ПІДВИЩЕНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ. Технічні науки та технології, (1(19), 241–249. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1\(19\)-241-249](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1(19)-241-249)

5. Пальчевський Б., Маркіна Л. Оптимізація процесу керування приготуванням замісу в спиртовому виробництві. «Перспективні технології та прилади». 2022. № 20. С. 82–88.

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/12062018/5820

6. Hagino T. Practical Node-RED Programming: Learn powerful visual programming techniques and best practices for the web and IoT. United States : Packt Publishing. 326 p.

7. Node-RED. URL: <https://nodered.org/docs> (дата звернення 1.05.2023р.)

8. Смолянкін О. О. Програмування вбудованих систем з використанням Node-RED. Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції “Приладобудування та метрологія: Сучасні проблеми, тенденції розвитку”, 20-22 жовтня 2022 р. 70с.

Smolyankin O., Markina L., Reshetylo O. Satsyk O.
Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

ANALYSIS OF THE CONTROL SYSTEM BASED ON THE NODE-RED PROGRAMMING SYSTEM FOR

In the article, an analysis of grain wort viscosity control systems is carried out. A certain part of the technological process, which at the moment is poorly researched from the point of view of the development of a control system that will ensure compliance with the quantitative and qualitative indicators of the initial product - alcohol, therefore we propose to implement the solution of this problem using modern technologies, namely using the visual programming environment Node- Red to control the studied parameter based on a Raspberry Pi single-chamber controller. The developed wheat wort viscosity control system when using alcohol based on Node-red can be an effective and simple way to automate the alcohol production process, which allows accurate and stable control of wort viscosity and ensures high product quality. An example of a program in the Node-Red environment using the JS language is given.

Keywords: *viscosity, Node-Red programming system, single-chamber Raspberry Pi controller, fuzzy logic, JScript.*