

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДИХ СИРІВ*НТУ «Дніпровська політехніка»***Коротич А.Д.****Науковий керівник: ас. Славінський Д.В.**

Твердий сир – їжа, що виготовляється з молока різних тварин шляхом зброджування його сичугом або різними молочно-кислими бактеріями, відокремленні сироватки з подальшою обробкою згустку та витримкою від трьох місяців до трьох і більше років [1].

Виготовлення твердого сиру є багатостадійним процесом. Основні стадії: підготовка молока знежирення та пастеризація; вурдження – додавання молочно-кислої або сичужною закваски; відділення сироватки; пресування – з'єднання сирних зерен в монолітний шматок, а також вичавлювання залишків сироватки; соління; дозрівання (визрівання), при якому всі складові частини сирної маси піддаються глибоким змінам, внаслідок яких формуються специфічний смак, аромат сиру, його консистенція і рисунок. Важливою особливістю твердих сичужних сирів, виготовлених за традиційною технологією, є придатність їх до тривалого зберігання.

Наразі існує низка проблем при виробництві твердих сирів. Насамперед це низький технічний і технологічний рівень підприємств, високий рівень застосування ручної праці призводить до значних втрат сухих речовин при виробництві сиру; додаткового механічного та бактеріального забруднення; величезних енергетичних витрат; погіршення екології. Все це веде до додаткового збільшення собівартості продукції, скорочення термінів реалізації і погіршення якості готового продукту. Отже, у підсумку знижується ефективність сироварного виробництва, та не створюється економічна база для формування інвестиційного процесу для модернізації галузі [2].

Отже, основним напрямком розвитку сироварного виробництва на сучасному етапі є удосконалення існуючих технологічних процесів, розробка ресурсозберігаючих технологій, автоматизація технологічних процесів і підвищення безпечності та якості натуральних твердих сичужних сирів [3].

З огляду на вище згадані особливості технології виробництва твердих сирів, можна стверджувати, що існує нагальна проблема вдосконалення систем автоматизації процесів їх виробництва. Для цього необхідно, насамперед, отримати математичні моделі ланок технологічного процесу. Однією з них є модель, що описує процес отримання сирного зерна. Цей процес відбувається в виготовлювачі сиру (рис. 1), що є складним об'єктом з погляду автоматизації і має велику кількість параметрів, які характеризують процес, та численними взаємозв'язками між ними.

У виготовлювачі сиру відбувається підігрів молока до температури заквашування та обсушування зерна (друге нагрівання). Підігрів молока у робочій ємності виготовлювача сиру відбувається завдяки теплообміну між гарячою водою в тепловій сорочці та молоком в резервуарі. Температура молока (30-32°C або 38-42°C відповідно до першого чи другого нагрівання) підтримується шляхом зміни продуктивності насоса подачі гарячої води (до 5м³/год).

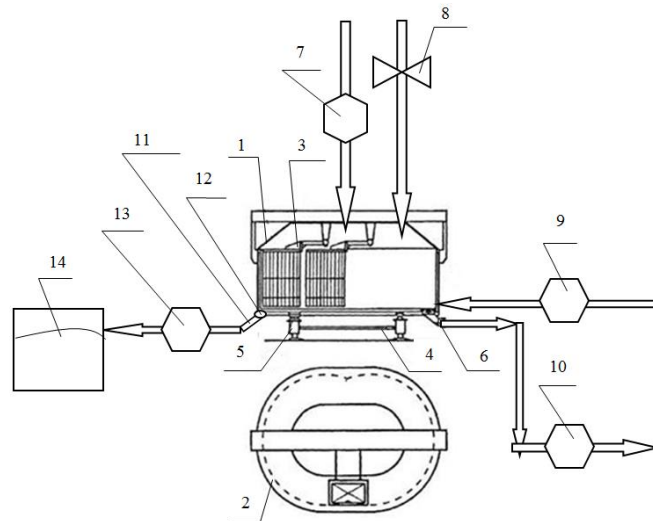


Рис. 1 Виготовлювач сиру («Шварте», Німеччина)

1 - робоча ємність; 2 - тепла сорочка; 3 - різально-вимішувальний інструмент; 4,5 – опори; 6 – патрубок випуску сирної маси; 7 – насос подачі молока; 8 – дозатор розчину хлориду кальцію з натрієм; 9 – насос для циркуляції води; 10 – насос для видалення сирної маси; 11 – патрубок випуску сироватки; 12 – пропускна сітка; 13 – насос для видалення сироватки; 14 – збірник сироватки.

В межах завдання дослідження, використовуючи scada zenon, були отримані експериментальні дані про перебіг технологічного процесу. На основі цих даних проведено структурну ідентифікацію об'єкта керування в математичному пакеті MATLAB. За допомогою програмного забезпечення "Identification System Toolbox" виконано параметричну ідентифікацію об'єкта та отримано передаточну функцію (1):

$$W(s) = \frac{9,237e^{(-20s)}}{(80,02s + 1)(21,132s + 1)} \quad (1)$$

Використовуючи отриману передаточну функцію об'єкта, в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакета MATLAB була побудована модель об'єкта (рис. 2) та перевірена її робота. Результати моделювання представлені на рисунку 3.

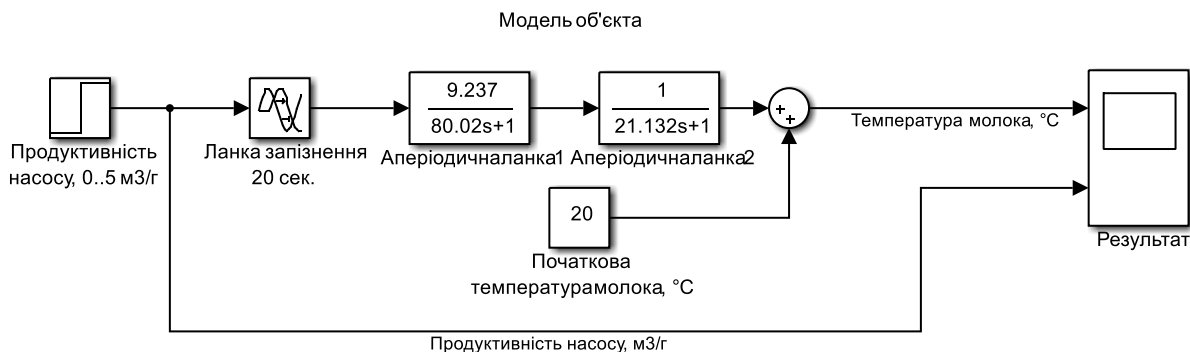


Рис. 2 Модель об'єкта в графічному середовищі Simulink

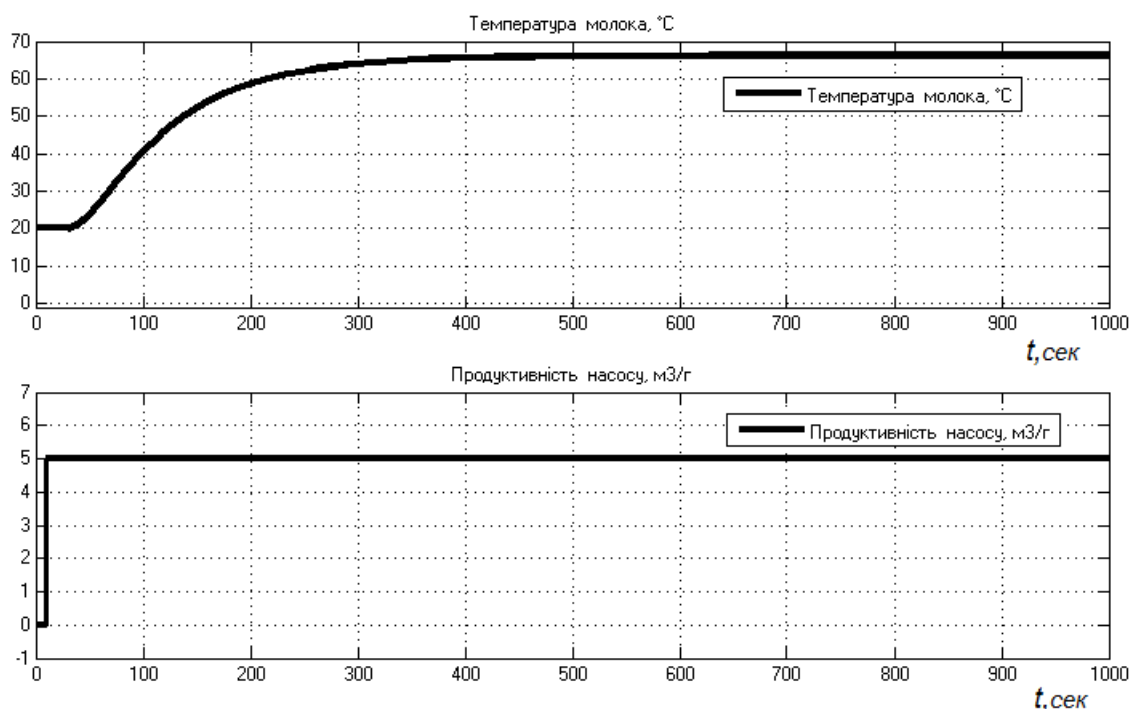


Рис. 3 Результат моделювання

Оцінка відповідності моделі об'єкта була виконана за нормованим середньоквадратичним відхиленням "NRMSE" і склала 98,39%. Виходячи з цього, модель є адекватною і в подальшому може бути використана для дослідження об'єкта і розробки системи керування.

Перелік посилань

1. Сир. Матеріал з Вікіпедії: [сайт]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сир#Класифікація_за_способами_виготовлення (дата звернення 15.04.2022)

2. І.Г. Власенко, Т.В. Семко, С.В. Гирич. Інновації у виробництві твердих сирів [Текст] – Вінниця, РВВ ВТЕІ КНТЕУ, 2018. – 144 с.

3. Михайлицька О.Р., Сливка Н.Б., Турчин І.М. Актуальні проблеми вітчизняного сироваріння/ Михайлицька О.Р., Сливка Н.Б., Турчин І.М.//Збірник наукових праць ВНАУ. – Безпека продуктів харчування та технологія переробки. – 2013. – Випуск 3 (73). – С.192-196