

УДК 681.5: 664.1.048.5

Ю.Б. Лопушняк, І.Р. Козбур

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ВАКУУМ-ВИПАРЮВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Yu.B. Lopushniak, I.R. Kozbur

RESEARCH OF AUTOMATED PROCESS OF VACUUM EVAPORATION OF FOODSTUFFS

Однією з важливих технологічних операцій виробництва харчових продуктів є згущення сировини методом випарювання до певного вмісту сухої речовини. Такий технологічний процес застосовують при виробництві багатьох продуктів харчування, таких як овочеві пасти, варення і т.п. Випарювання здійснюють у вакуум-випарних установках, це дозволяє вести процес при суттєво нижчих значеннях температури, що є важливим для збереження харчової цінності продуктів харчування та, відповідно, забезпечує значу економію енергоресурсів. Актуально дослідити динамічну модель цього технологічного процесу, з метою коригування законів регулювання для забезпечення підвищення продуктивності та зменшення енерговитрат.

Типові динамічні моделі не враховують змін витрат і температури продукту на вході у вакуум-випарний апарат та вакуумметричного тиску. Відповідно, при зміні навантаження вакуум-випарного апарату, для підтримки необхідної температури кипіння на заданому рівні, необхідно постійно коригувати параметри налаштування автоматичних регуляторів температури й вакууму, що призводить до зниження точності дотримання основних параметрів технологічного процесу та, як наслідок, зменшення продуктивності та енергоефективності.

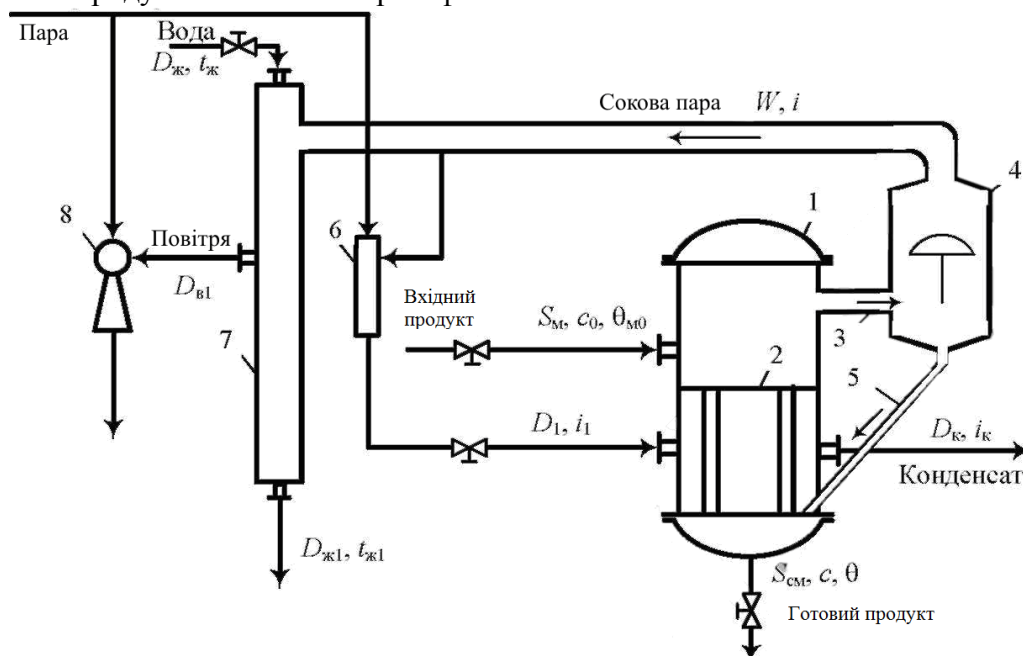


Рисунок 1. Технологічна схема однокорпусної вакуум-випарної установки

Однокорпусна вакуум-випарна установка (рис.1) розглянута як багатомірний об'єкт автоматичного управління й запропонована лінеаризована динамічна модель, у якій враховано коливання витрат і температури продукту на вході, а також зміни вакуумметричного тиску. Структурна схема динамічної моделі представлена на рис. 2.

Рівняння динаміки матеріального й теплового балансів установки записані у вигляді операторних рівнянь:

$$p(V\rho_n + V_k\rho_k) = D_1 - D_k - D_1'; \quad (D_1 - D_1')i_1 - D_k i_k - Q - Q' = p(V\rho_n u_n + V_k \rho_k c_k t_k) + (c_{mm} G_{mm} + 0,5c_6 G_6) p t_n, \quad (1)$$

де p – оператор диференціювання по часу; V – об'єм камери нагрівання; ρ_n – густина пари; V_k – об'єм плівки конденсату; ρ_k – густина щільність конденсату; D_1 – витрата пари; D_k – витрата конденсату; D_1' – витрата пари на відвід газів, що не конденсуються; u_n – внутрішня енергія пари; c_k – теплоємність конденсату; t_k, t_n – температура конденсату і пари; c_{mm} – теплоємність корпусу камери; G_{mt} – маса металу корпусу камери; t_n – температура пари; i_1, i_k – ентальпія пари і конденсату; Q', Q_1 – потік теплоти в навколишнє середовище та переданий поверхні нагрівання.

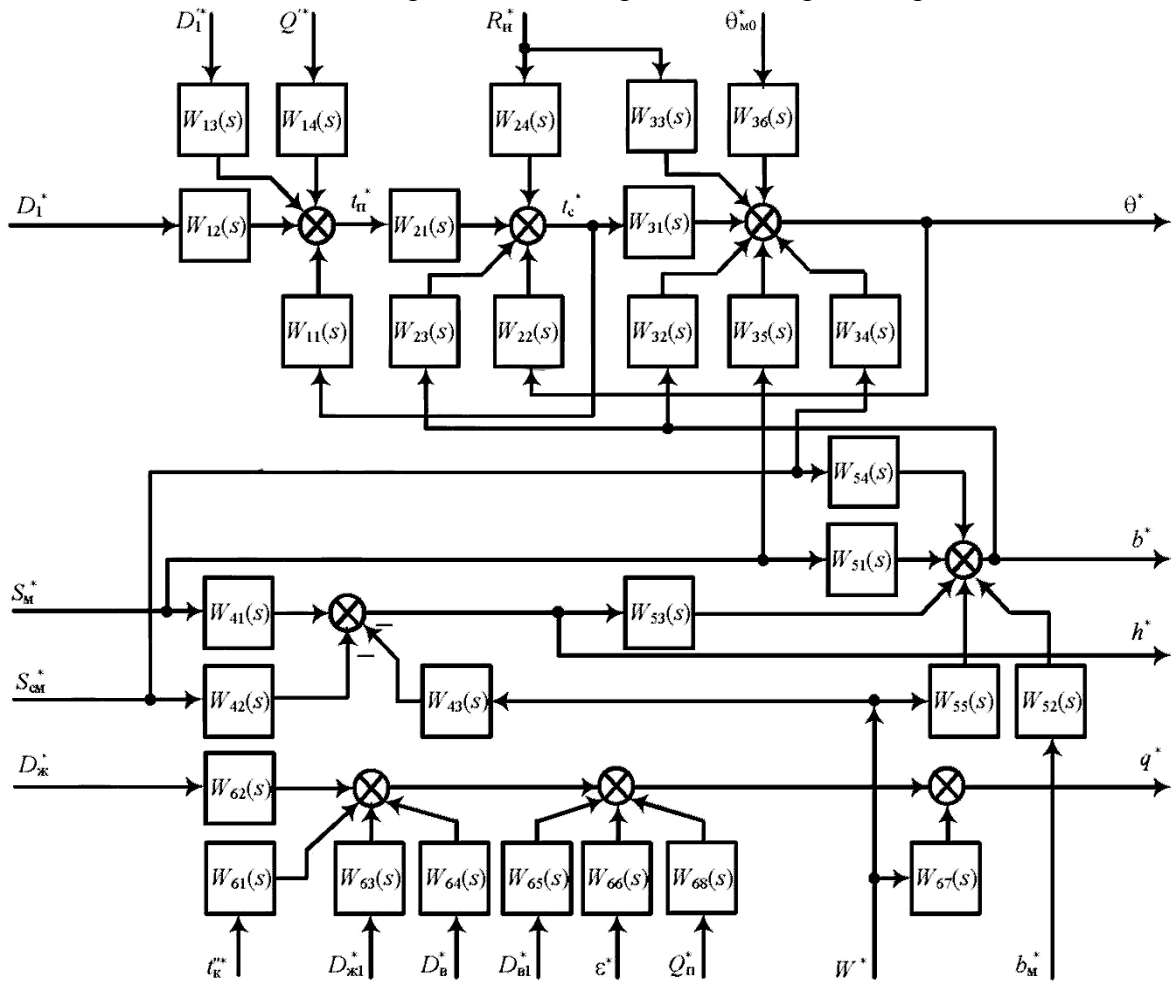


Рисунок 2. Лінеаризована структурна схема динамічної моделі вакуум-випарної установки

Визначені передавальні функції дозволять вирішити завдання синтезу комбінованих систем регулювання температури й вакууму, а також розрахувати оптимальні налаштування автоматичних регуляторів. Застосування таких систем дозволить підвищити продуктивність та енергоефективність використання теплоносіїв у вакуум-випарних установках.

Література

1. Динамические модели вакуум-выпарных установок для молочной промышленности, Айрапетьянц Г.М., Кожевников М.М. // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. № 6 – 2009. с. 53–63.