УДК 621.798:681.5.015.23

Залета О.М., канд. техн. наук, доцент
Валецький Б.П., канд. техн. наук, доцент
Луцький національний технічний університет, olga_zaleta@ukr.net

ЗАСТОСУВАННЯ ТОПОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН

Технологічна машина може бути представлена як система, що складається із декількох підсистем, а саме: технологічна підсистема, в якій здійснюється енергетичний вплив інструменту на виріб; транспортно-маніпуляційна підсистема, яка забезпечує подачу і завантаження виробів в робочу зону машини, розвантаження і видалення готових виробів; підсистема керування, яка на основі вхідної інформації та внутрішньої інформації про стан машини забезпечує функціонування машини для виконання нею службової функції; підсистема приводу, яка перетворює вхідну енергію в механічну і передає її до інших підсистем.

Одним із важливих завдань, яке намагаються вирішити під час синтезу структурних і конструктивних схем, є мінімізація витрат на виробництво та експлуатацію обладнання. Однією з основних складових експлуатаційних затрат є споживання електроенергії. Отже, мінімізація енерговитрат є одним з важливих критеріїв ефективності машин.

Для розв’язування задач аналізу та синтезу структури виробничого обладнання з точки зору його енергетичних затрат, а також матеріальних потоків, що проходять через нього при функціонуванні, ефективним є застосування топологічного методу [1]. Він дає змогу формальним чином встановлювати функціональний зв’язок між технологічною топологією й кількісними характеристиками функціонування системи у вигляді матеріальних та енергетичних навантажень на її елементи.

Топологічний метод аналізу технологічної системи базується на аналізі математичних іконографічних моделей систем у вигляді графів, що дає змогу значний обсяг інформації про технологічний процес представити у компактній і наочній формі.

Побудуємо топологічну модель машини для пакування сипких речовин на прикладі її типової структури, описаної у [2]. Для цього зведемо всі структурні елементи пакувальної машини до їх енергетичних еквівалентів (рис. 1).

Блоки витрат енергії моделюються відповідними споживачами (B_i), які розташовуються між джерелами (n_i) та стоками (P_i) і зв’язуються з ними та між собою за допомогою структур злиття та розгалуження.

На основі кодової діаграми побудуємо граф зв’язків (рис. 2). Дана модель виступає основою для наступних перетворень, а саме – для побудови сигнального графа, який відображатиме зв’язки між змінними досліджуваної системи.

Масово-енергетичні потоки в змодельованій системі співвідносяться між собою за такими залежностями:

– загальний потік маси дорівнює сумі вхідних масових потоків:

$$S_{f\Sigma m} = S_{fnn} + S_{f\ np};$$

– загальні витрати енергії, що споживаються всіма елементами обладнання (функціональними модулями), будуть становити:

$$Se_{\sum} = Se_1 + Se_3 + Se_4 + Se_6 + Se_7 + Se_8.$$

Технологічні опори R пропорційні коефіцієнту опору руху робочого органу, довжині кроку переміщення робочого органу тощо. Тому за однакових інших умов варто обирати схеми з меншими коефіцієнтами опору та переміщеннями робочих органів.

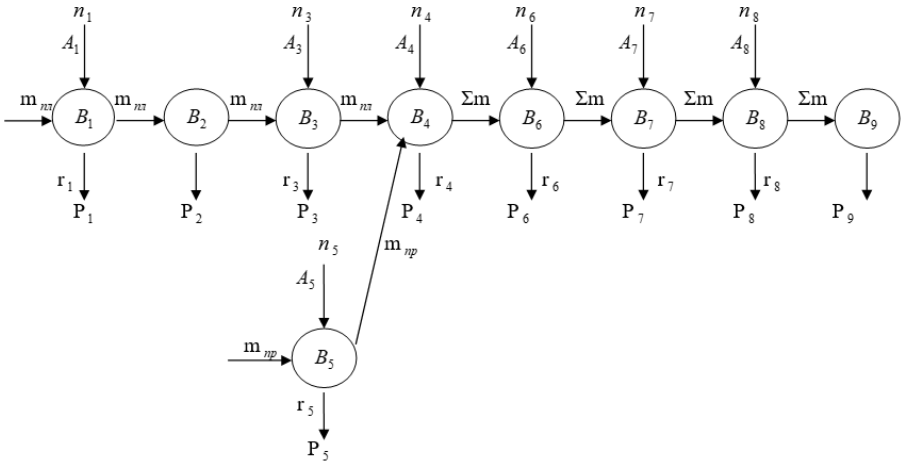

Рис. 1 – Енергетично-потоковий граф процесу пакування сипких продуктів: B_1 – розмотування рулону; B_2 – контроль чіткості утворення пакету; B_3 – поздовжнє зварювання; B_4 – протягування плівки; B_5 – фасування; B_6 – поперечне зварювання; B_7 – відрізання; B_8 – проставлення дати; B_9 – регулювання процесу; n_1 –n_9 – приводи відповідних пристроїв; стоки енергії P_1 – P_9– споживання потужності у виконавчих механізмах відповідних пристроїв; r_1 – r_8– робота, яка виконується для подолання опорів руху у відповідних пристроях; A_1 – A_8 – енергія, що передається приводом відповідного пристрою; $m_{пл}$ – маса плівкового матеріалу, необхідного для запаковування одиниці продукції; $m_{пр}$ – маса дози продукту.

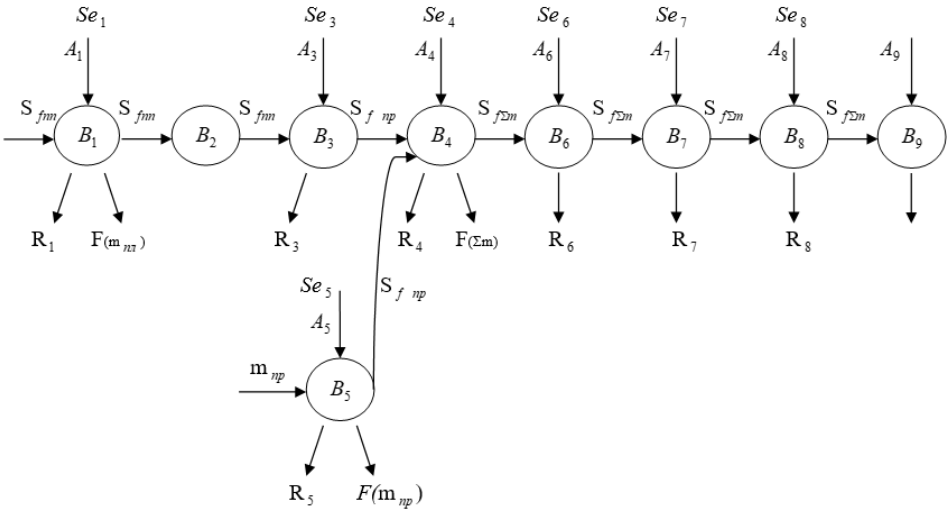

Рис. 2 – Граф зв'язків технологічного процесу пакування сипких продуктів: S_{fnn} – потік маси пакувального матеріалу (плівки); S_{fnp} – потік маси продукту; R_1-R_9– опір руху та втрати у відповідних пристроях; Se_1-Se_8– джерела енергії рушійної сили у відповідних пристроях; $F(m_{пл})$ – витрати енергії на подолання опору переміщення, який створюється масою пакувального матеріалу; $F(m_{пр})$ – витрати енергії на подолання опору руху, який створюється масою продукту

Отримане рівняння можна застосувати для визначення витрат енергії функціональними модулями пакувального обладнання.

Список посилань

1. Пришляк О. Алгоритмічні та комп'ютерні методи в топології та теорії динамічних систем: навч. посіб. – К.: КНУ ім. Т. Шевченка, 2023. – 212 с.

2. Функціонально-модульне компонування пакувальних машин : монографія / О. М. Гавва, Л. О. Кривопляс-Володіна, С. В. Токарчук та ін. – К.: Сталь, 2015. – 547 с.