

**УДК 621.798**

**Васильківський К. В.**, канд. техн. наук,

**Мудрак А. В.**,

**Блаженко С.І.**, доц., к.т.н.

*Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна*

## **СИНТЕЗ МАШИН ТА ЛІНІЙ ПАКУВАННЯ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

Особливістю обладнання автоматизованих потокових ліній для створення тари, групової упаковки і збільшених вантажних одиниць є необхідність виконання умов сусідства з іншими машинами-автоматами, у тому числі і надійної синхронізації з елементами транспортного обладнання. У зв'язку з останнім існує два варіанти. Перший з них стосується жорстких кінематичних зв'язків між обладнанням потокових ліній, а другому варіанту відповідає перехід до гнучких зв'язків, роль яких виконують конвеєри або накопичувальні пристрої.

Вибір на користь одного або іншого варіанту залежить від особливостей організації пакувальних ліній, їх продуктивності, кількості машин-автоматів, вибору типу упаковки, характеристик матеріалів, з яких формується упаковка тощо. Проте, незалежно від вибору варіанта, проектування сучасної машини пов'язується з наступними вимогами, яким вона повинна задовольняти, серед яких: технологічна відповідність призначенню, задана продуктивність, мінімізована ціна, мінімізовані експлуатаційні витрати у тому числі і енергетичні.

Аналіз переліку вимог приводить до висновку про присутність в них внутрішніх протиріч, розв'язання яких дає можливість удосконалювати машини. Відомо, що продуктивність обладнання визначається сукупністю кінематичних параметрів в ланцюжку від двигуна до робочого органу, а також можливістю створення паралельних або розгалужених потоків цільового призначення. Це тим більш є актуальним для машин періодичної (циклічної) дії, у зв'язку зі зростаючою кількістю перехідних процесів.

Енергетичне забезпечення і його мінімізація залишаються в ряду найважливіших чинників технології створення машин. Стосовно динаміки машин передавання руху здійснюється на основі енергії у формі роботи.

Задачі мінімізації енергетичних витрат сучасної машини можуть вирішуватися на таких напрямках:

1. Механічний рух переноситься з одного тіла або системи тіл на інше тіло або систему;
2. Механічний рух перетворюється в іншу форму руху матерії (у форму потенціальної енергії, теплоти, електромагнітної енергії тощо).

У кожному випадку використовуються рекуператори безпосередньо кінетичної енергії, а у другому випадку здійснюються трансформації механічного руху в інші форми.

Механічні рекуператори у вигляді маховиків одночасно виконують регульовальну функцію, забезпечуючи задану рівномірність ходу ведучих ланок машин, або виконують роль тільки накопичувача кінетичної енергії в машинах ударної дії. Обмеження енергетичних витрат в таких пристроях як елеватори, крутонахилени конвеєри тощо здійснюється за рахунок холостих гілок транспортуючих машин. При цьому енергетична доцільність останніх зростає зі збільшенням кута нахилу гілок до лінії горизонту до рівня  $90^\circ$ , оскільки обмежуються сили тертя між рухомими частинами і каркасом.

Енергетична доцільність технологічної машини оцінюється коефіцієнтом корисної дії (ККД). Це приводить до необхідності якомога більш точного набору даних стосовно визначення сил і моментів, сил корисного і шкідливого опору.

Шкідливий опір частіше представлений силами тертя або силами протидії середовищу, в якому здійснюється переміщення. Проте, у випадках транспортування вантажів конвеєрами сили тертя виконують роль рушійних факторів. Енерговитрати, пов'язані з подоланням сил тертя, є незворотними і супроводжуються перетворенням механічної енергії руху у теплову, тоді як кінетична енергія ланок рухомої системи може бути використана у періоди вибігу, або, наприклад, для забезпечення руху інших ланок.

До числа енергетичних втрат механічних систем машин відносяться ті, що пов'язані з демпфірувальною здатністю матеріалів і дисипативним розсіюванням енергії. Відомо, що всяке навантаження супроводжується деформаціями ланок, що в умовах змінних навантажень означає дисипативне розсіювання енергії. Здатність матеріалів незворотно поглинати механічну енергію пояснюється їх неідеальною пружністю, яка проявляється в нелінійності і неоднозначності залежностей між напруженнями і деформаціями при навантаженні і розвантаженні. Демпфірувальна здатність розглядається як власна характеристика матеріалу, що потребує найчастіше експериментального визначення, а в теоретичному визначенні вона називається коефіцієнтом затухання.

Сукупна робота сил опору визначає роботу сил рушійних, однак, в періоди перехідних процесів узагальнені величини сил рушійних і сил опору не співпадають. Наслідком останнього є нерівномірність ходу ведучої ланки, додаткові прискорення і навантаження, зниження точності виконання технологічних операцій, точності позиціонування, зниження експлуатаційної надійності тощо. При цьому відомо, що рівномірність ходу вхідної ланки зростає зі збільшенням показника приведеної маси, яка за необхідності нарощується за рахунок маховика.

Разом з тим маса рухомих частин входить важливою складовою в умови по визначенню робіт сил шкідливого опору, сил тяжіння і сил інерції. Відмічене означає протиріччя у загальній оцінці впливу величини приведеної маси і разом з тим можливо дійти висновку про доцільність обмеження мас, що приймають участь у зворотно-поступальному або коливальному рухах і нарощування мас найбільш швидкохідних ланок обертального руху. При цьому нарощування регульовальної функції маховика пояснюється тим, що його кінетична енергія пропорційна квадрату кутової швидкості. На цій же основі слід визначити позитивну роль швидкохідних двигунів у складі приводів і необхідність уважного вивчення наслідків використання частотних перетворювачів з метою регулювання кутових швидкостей роторів асинхронних двигунів. Однак, остаточну відповідь щодо впливу на систему приведеної маси (моменту інерції) необхідно шукати на основі поглиблених досліджень.

Узагальнення щодо оцінки впливів при збільшенні рухомих мас машин наведено на рисунку.



**Рисунок – Схема до оцінки впливів збільшення рухомих мас у складі пакувальних машин**

Таким чином можна запропонувати наступні пропозиції щодо мінімізації енергетичних витрат при створенні машин ліній пакування: використання гравітаційних сил в якості рушійних; встановлення противаг в системах переміщення вантажів у гравітаційному полі; обмеження коливальних процесів і дисипативних явищ та використання потенціальної енергії деформації пружних елементів; використання накопиченої кінетичної енергії рухомих ланок в процесах вибігу; обмеження переміщень робочих органів і вантажів у вертикальних площинах; зменшення сил тертя за рахунок переходу на тертя кочення, рідинне тертя.