

Дослідження впливу зміщення осі контакту присоски відносно центра тяжіння структурних елементів групової упаковки на зусилля їх утримання

М.В. Якимчук, к.т.н., О.М. Гавва, д.т.н., НУХТ, м. Київ

Збільшення продуктивності пристроїв укладання потребує зменшення тривалості виконання технологічних операцій, яке передбачає збільшення швидкості переміщення робочих органів пристроїв захоплення із структурними елементами групової упаковки та визначення оптимальних траєкторій їх руху.

Вирішення проблеми збільшення продуктивності машин для групового пакування відбувалося здебільшого внаслідок використання великої кількості захоплювальних пристроїв. Такий напрямок розвитку обмежує використання укладальних пристроїв у машинах для групового пакування та призводить, окрім усього іншого, до суттєвого збільшення габаритів ліній і питомих показників метало- і енергоємності.

Подальший пошук шляхів розвитку і вдосконалення укладальних пристроїв можливий за умови оптимізації траєкторії переміщення пакувальних одиниць та удосконалення конструкцій їх захоплювальних елементів.

Вирішити поставлене завдання можливо лише за умови відслідковування в реальному часі зміни силових параметрів утримання структурних елементів групової упаковки під час їх переміщення під дією додаткових зовнішніх факторів.

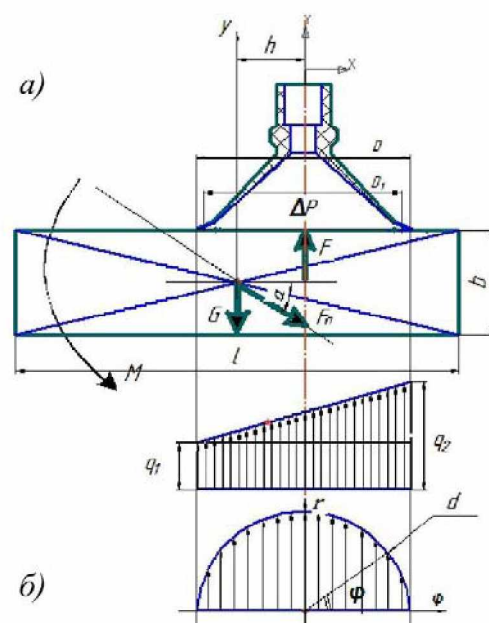


Рис. 1. Схема дії зовнішніх сил під час утримання вакуумним елементом упаковки за умови зміщення його відносно центра тяжіння упаковки

Аналіз пакувальних матеріалів для споживчих та транспортних упаковок показав, що найбільш використовуваним матеріалом є картон. Традиційно просторове переміщення пакованих у картонну упаковку харчових продуктів здійснюється за допомогою вакуумних захоплювальних пристроїв. Для таких пристроїв запропоновано удосконалити сучасні конструкції шляхом визначення

впливу розміщення осі присоски відносно центра мас упаковок на величину розрідження в ній.

У разі, коли центр тяжіння упаковки зміщений відносно осі присоски на величину h , а на присоску з боку упаковки масою m діє сила інерції F_{in} , відбувається перерозподілення тиску присоски на поверхню упаковки (рис. 1а). Найменший тиск q_1 визначає зону ймовірного відриву контакту присоски від упаковки (рис. 1б). Зміна питомого тиску з max до min визначається з рівняння:

$$q = q_0 + \frac{M_r}{I_p} r_\varphi, \quad (1)$$

де q_0 – значення тиску за умови його рівномірного розподілення; r_φ – кутова координата, яка описує зону зміни питомого тиску; I_p – момент інерції опорної площини; M_r – момент від зовнішніх навантажень відносно поверхні контакту.

Мінімальний та максимальний питомий тиск становить:

$$\begin{cases} q_1 = \frac{4(F - (G + F_{in} \sin \alpha + W \sin \alpha))}{\pi d^2} - \left(\frac{(G + F_{in} \sin \alpha)h}{I_p} - \frac{F_{in} \cos \alpha \cdot b}{2I_p} \right) \frac{d}{2}; \\ q_2 = \frac{4(F - (G + F_{in} \sin \alpha + W \sin \alpha))}{\pi d^2} + \left(\frac{F_{in} \cos \alpha \cdot b}{2I_p} + \frac{(G + F_{in} \sin \alpha)h}{I_p} \right) \frac{d}{2}. \end{cases} \quad (2)$$

За результатами теоретичних досліджень запропоновано:

- методику визначення величини розрідження в присосці, яка забезпечує утримання пакувальної одиниці за відомого h :

$$\Delta p = \left(\frac{(G + F_{in} \sin \alpha)h}{I_p} - \frac{F_{in} \cos \alpha \cdot b}{2I_p} \right) \cdot \frac{d}{2} + \frac{4(G + F_{in} \sin \alpha + W \sin \alpha)}{\pi d^2}; \quad (3)$$

- методику визначення максимального зміщення осі присоски відносно центра мас упаковки та за умови заданої величини розрідження в присосці:

$$h \leq \frac{2I_p}{(G + F_{in} \sin \alpha)d} (\Delta p - \frac{4(G + F_{in} \sin \alpha + W \sin \alpha)}{\pi d^2}) + \frac{F_{in} \cos \alpha \cdot bd}{4I_p}. \quad (4)$$

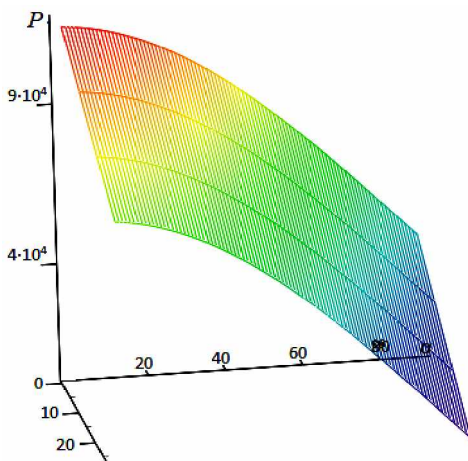


Рис. 2. Зміна розрідження в присосці (P , Па) як функції зміщення її осі розташування відносно центра тяжіння упаковки (h , мм) та кута дії сили інерції (α)

Результати числових розрахунків теоретичних досліджень наведено на рис. 2.

Для перевірки адекватності результатів теоретичних досліджень виготовлено експериментальні установки (рис. 3), на яких визначено вплив зовнішніх факторів на величину утримання упаковки захоплювальними пристроями з метою запобігання їх відриву під час виконання операцій переміщення.

Результати експериментальних досліджень наведено у вигляді рівнянь регресії, які показують вплив зовнішніх факторів на величину вакууму у вакуумних присосках:

$$P_{\text{вак}} = -1,79 + 0,006 d_{\text{прис}} + 0,003 S - 0,000279 Q_S b + 0,011 Q_S + 0,027 b, \quad (5)$$

де $d_{\text{прис}}$ – діаметр присоски, мм; $P_{\text{вак}}$ – тиск усередині порожнини вакуумної присоски, Па; b – товщина картону, мм; Q_S – повітропроникність матеріалу упаковки, мл/хв; S – площа контакту присоски з поверхнею пакувального матеріалу, м².

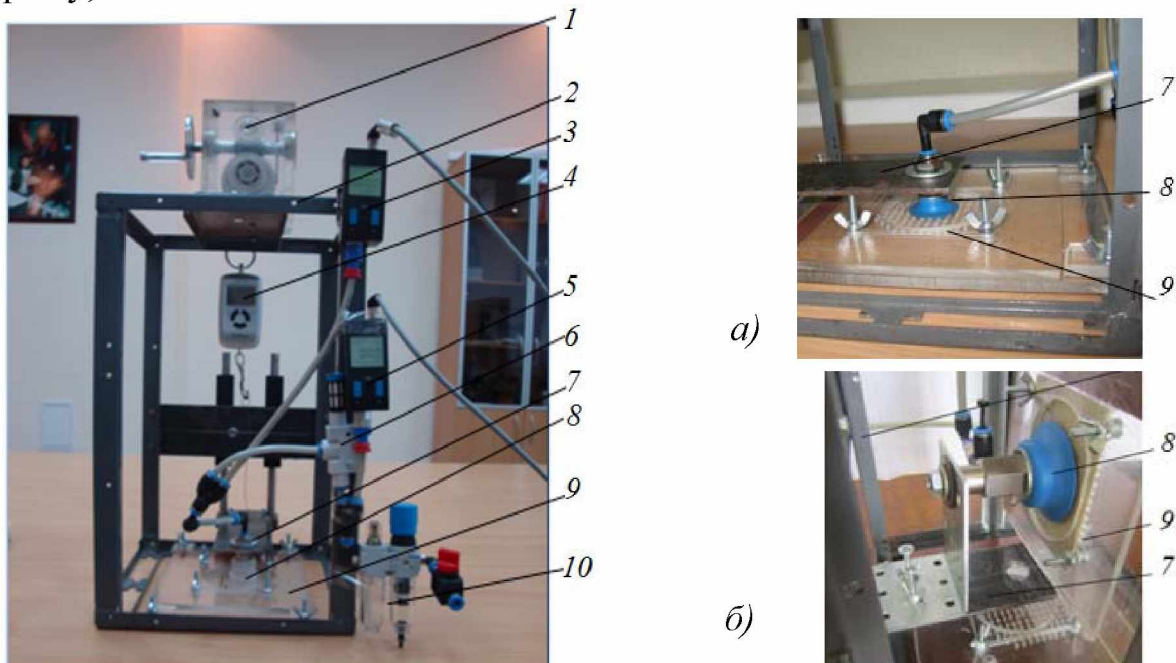


Рис. 3. Експериментальна установка для дослідження зусилля відриву (а) та зсуву (б) в мехатронному модулі з вакуумним захоплювальним пристроєм: 1 – черв'ячний редуктор; 2 – корпус установки; 3 – електронний манометр; 4 – електронний динамометр; 5 – електронний вакууметр; 6 – ежектор; 7 – жорстка пластина, на якій закріплена вакуумна присоска; 8 – вакуумна присоска; 9 – полімерна пластина з перфорованими отворами та механізмом кріплення досліджуваного зразка упаковки в горизонтальній площині; 10 – регулятор тиску

За результатами досліджень можна стверджувати, що величина вакууму в присосці суттєво залежить від величини відхилення осі присоски від центра ваги упаковки і менше – від кута зміни напрямку вектора сили інерції.

Література

1. Вакуумная техника: справочник. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с.
2. Дьяченко В.А. Исследование вакуумной удерживающей системы робота-стенохода / В.А. Дьяченко, В.Я. Краснослободцев, В.Ю. Скворцов // Вакуумная техника и технология. – 1996. – № 2. – С. 34–38.