

М.В. ЯКИМЧУК

Національний університет харчових технологій

РОЗРОБКА МЕТОДИК ВИБОРУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНИХ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГРУПОВОЇ УПАКОВКИ

У статті розглядається можливість використання комбінованих захоплювальних пристроїв для виконання технологічних операцій в обладнанні для групового пакування. Розроблена математична модель для визначення основних кінематичних та динамічних параметрів таких конструкцій з урахуванням фізико-механічних властивостей пакувальних матеріалів, що дає можливість обмежити дію зусилля утримання та зберегти товарний вигляд упаковок. Проведений порівняльний аналіз зусиль утримання вакуумними, механічними та комбінованими захоплювальними пристроями. Отримані результати можуть бути використані для розробки нових конструкцій комбінованих захоплювальних пристроїв в обладнанні для групової упаковки.

Ключеві слова: групова упаковка, зусилля утримання, повітропроникність, комбіновані захоплювальні пристрої.

Сьогодні пакувальної галузі характеризується розробкою та використанням великої номенклатури упаковок, які мають різні форми, розміри, маси, фізичні та механічні характеристики матеріалів з яких вони виготовлені, оригінальні споживчі елементи [1]. Для зручного транспортування упаковок від виробника до споживача з упаковок формують транспортну одиницю у вигляді групової упаковки.

Для створення групової упаковки здебільшого використовуються захоплювальні пристрої. Захоплювальні пристрої служать для захоплення та утримання в певному положенні упаковок під час їх переміщення.

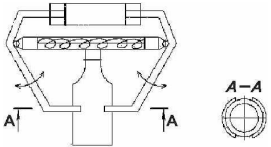
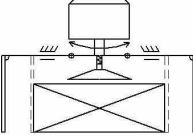
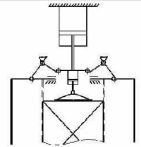
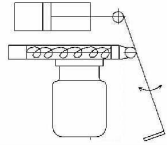
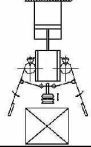
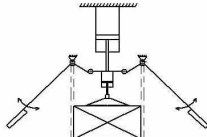
Конструктивно захоплювальні пристрої є одним із основних функціональних модулів пакувального обладнання [5]. Всі захоплювальні пристрої, в залежності від класифікаційних ознак умовно можна поділити на групи, які розрізняються способом контакту робочих органів із елементами упаковки. Так, можна виділити наступні способи контакту робочих органів із елементами упаковки: механічний, камерний, вакуумний, магнітний, комбінований та пасивний.

Найбільш перспективними є комбіновані захоплювальні пристрої. Комбіновані захоплювальні пристрої утримують об'єкт за рахунок використання в конструкції двох і більше захоплюючих елементів, які працюють одночасно. В залежності від форми та матеріалу споживчих упаковок була розроблена класифікація комбінованих захоплювальних пристроїв, яка наведена в таблиці 1.

Перша група пристроїв забезпечує утримання упаковок за рахунок поєднання зусилля від механічного та магнітного утримуючих елементів. Захоплювальні пристрої такого типу

використовуються для перенесення металевих упаковок, або упаковок, які частково складаються з металевих включень. Друга група пристроїв забезпечує утримання упаковок шляхом поєднання механічних і вакуумних елементів. Застосування таких комбінованих захоплюючих пристроїв дозволяє забезпечити надійне захоплення та утримання упаковок шляхом збільшення сили утримання за рахунок комбінації сили тертя та вакууму, що дає можливість збільшувати вагу виробу та якість його утримання. Конструкція таких пристроїв є більш вживаною та малодослідженою.

Таблиця 1. Класифікація комбінованих захоплювальних пристроїв

| Тип руху ступок | Наявність приводу | Кількість приводів | Конструкція затискного механізму | Кількість рухомих ступок | Схема захоплюючого пристрою |
|-----------------------|-------------------|--------------------|---|--------------------------|--|
| Зворотно-поступальний | приводний | 1 | Важільно-магнітний зі знімними губками круглої форми | 2 |  |
| Зворотно-поступальний | приводний | 1 | Важільно-вакуумний зі знімними губками | 2 |  |
| Зворотно-поступальний | приводний | 2 | Важільно-вакуумний зі знімними губками | 2 |  |
| Коливальний | приводний | 1 | Важільно-магнітний з накладними губками та підтримуючим елементом | 1 |  |
| Коливальний | приводний | 1 | Рейково-важільно-вакуумний зі знімними губками | 2 |  |
| Коливальний | приводний | 2 | Важільно-вакуумний зі знімними губками | 2 |  |

Дослідження технологічної операції переміщення упаковок захоплювальними пристроями показав, що по виду руху їх можна умовно розділити на три групи (рис. 1).

Перша група характеризується послідовністю виконання вертикального підйому упаковок до кінцевої точки по висоті та її переміщення в горизонтальній площині.

Друга група характеризується частковою послідовністю виконання операцій. Так на першому етапі відбувається операція підйому до певної висоти. Далі настає другий етап, додатково виконується операція переміщення в горизонтальній площині. Другий етап характеризується комбінованою схемою переміщення.

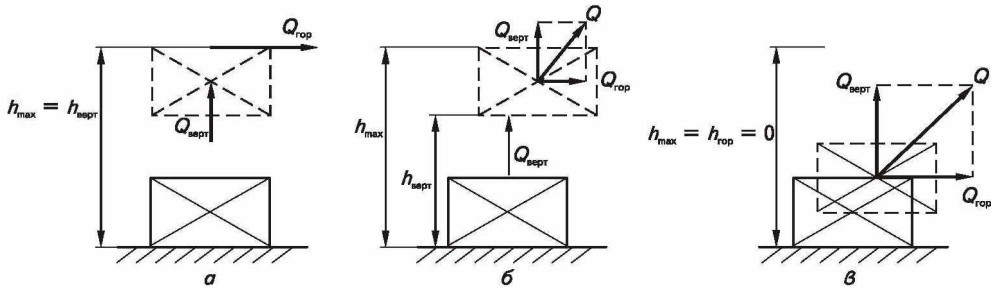


Рис. 1. Схеми операцій переміщення упаковок захоплювальними пристроями:

а) — підйом упаковки з подальшим переміщенням її в горизонтальній площині; б) — частковий підйом упаковки до висоти $h_{\text{всрп}}$ з подальшим комбінованим переміщенням; в) — комбіноване переміщення упаковки, яке забезпечується одночасним рухом у вертикальній та горизонтальній площинах

Третя група характеризується комбінованою схемою переміщення, яка реалізується уже на початку руху упаковки і характеризується одночасним рухом у горизонтальній і вертикальній площині [3], [4]. Напрямок вектора переміщення залежить від величини прискорення у вертикальній та горизонтальній площині. Сучасні механізми можуть забезпечувати їх зміну за попередньо заданим законом руху, що дозволяє на початку руху надати перевагу вертикальному прискоренню, а потім горизонтальному. Пристрої зі складним рухом найпоширеніші за застосуванням, так як мають суттєву перевагу по зменшенню часу технологічного циклу переміщення упаковок.

Розглянемо задачу, коли комбінований захоплювальний пристрій, до складу якого входять вакуумний та механічний захоплювачі, переміщує упаковку по схемі рис. 1, в.

В залежності від схеми розташування губок пристрою відносно напрямку переміщення можливі дві схеми закріплення захоплювального пристрою.

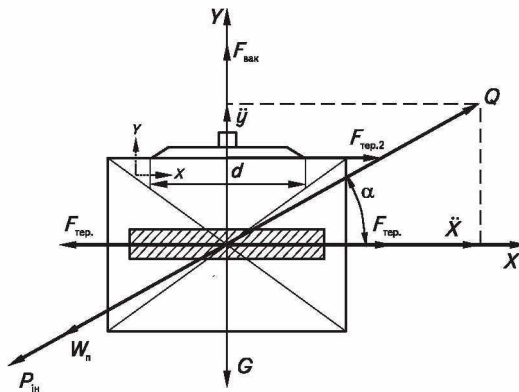


Рис. 2. Схема дії сил в процесі переміщення комбінованим захоплювальним пристроєм у випадку, коли напрям руху упаковки направлений паралельно губкам механічного пристрою захоплення

При першій схемі напрям переміщення направлений паралельно губкам механічного захоплювального пристрою (рис. 2). При цьому, на упаковку під час переміщення з боку вакуумної присоски та губок діють наступні сили: $N_{\text{утр}}$ — сила утримання комбінованим захоплюючим пристроєм; $F_{\text{тер}1}$ — сили тертя ковзання між упаковкою та губками механічного захоплюючого пристрою. Одночасно на упаковку додатково діють сили, які прагнуть відірвати або зрушити її відносно захоплювального пристрою. Це сила інерції J_i та сила опору W_n повітря.

При другій схемі напрям переміщення направлений перпендикулярно губкам механічного захоплювального пристрою (рис. 3).

З рис. 2 для першої схеми переміщення упаковок комбінованим захоплювальним пристроєм закон руху має вигляд:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = N_{\text{утр}}^x \cos \alpha - W_n \cos \alpha \\ m\ddot{y} = N_{\text{утр}}^y \sin \alpha - W_n \sin \alpha - G \end{cases} \quad (1)$$

де $N_{\text{утр}}$ зусилля утримання упаковки комбінованим захоплювальним пристроєм.

З іншої сторони величина зусилля утримання залежить від експлуатаційних параметрів кожного із захоплюючих елементів:

$$N_{\text{утр}}^x = 2 \cdot [N_p^x] \cdot f + (P_a - P_b + P_1) \cdot \mu, \quad (2)$$

$$N_{\text{утр}}^y = 2 \cdot [N_p^y] \cdot f + (P_a - P_b + P_1) \cdot S \quad (3)$$

де $[N_p]$ — допустиме розрахункове зусилля тиску губок механічного захоплюючого пристрою на стінки упаковки, H ; f — коефіцієнт тертя між матеріалом упаковки та матеріалом губок; P_a — атмосферний тиск, Па; P_b — тиск всередині порожнини вакуумного захоплюючого пристрою, Па; P_1 — падіння тиску, яке відбувається через пористу структуру пакувального матеріалу, Па; μ — коефіцієнт тертя між кромкою присоски та упаковкою; S — ефективна площа захвату, яка характеризується межами контакту присоски з виробом, м^2 . Прийємо умову, що прискорення упаковки є величиною змінною, а переміщення відбувається за заданим законом руху. Тоді задавшись видом закону руху, визначимо допустиме розрахункове зусилля від губок механічного захоплюючого пристрою на стінки упаковки в площинах x та y :

$$\begin{cases} [N_p^x] = \frac{W_n \cos \alpha + m\ddot{x} - (P_a - P_b + P_1)\mu}{2f \cos \alpha} \\ [N_p^y] = \frac{W_n \sin \alpha + m\ddot{y} - (P_a - P_b + P_1)S + G}{2f \sin \alpha} \end{cases} \quad (4)$$

Загальне допустиме розрахункове зусилля визначаються як

$$[N_p] = \sqrt{[N_p^x]^2 + [N_p^y]^2}. \quad (5)$$

Для запобігання руйнуванню поверхні упаковок в місцях контакту з губками введемо обмеження тиску у вигляді допустимого значення для даної марки пакувального матеріалу. Тоді умова збереження товарного виду упаковки має вигляд

$$[N_p] / F < [N_{\text{таб}}], \quad (6)$$

де F — площа контакту губок механічного захоплюючого пристрою; $[N_{\text{таб}}]$ — табличне допустиме зусилля на одиницю площі поверхні для даного матеріалу упаковки.

За другим способом захоплення, напрям переміщення упаковки перпендикулярний губкам механічного захоплюючого пристрою (рис. 3).

Такий спосіб захоплення упаковок передбачає зменшення зусилля утримання за рахунок компенсації дії на неї сил відриву по вісі x губками механічного пристрою захоплення. Так як відрив упаковки в напрямку вказаної вісі неможливий в рівнянні руху він не враховується.

Методика визначення допустимого зусилля аналогічна вище наведеній послідовності. Кінцеве рівняння допустимого зусилля губок на стінку упаковки для даної технологічної схеми має вигляд:

$$[N_p] = \frac{W_n \sin \alpha + m\ddot{y} - (P_a - P_b + P_1)S + G}{2f \sin \alpha}. \quad (7)$$

Отримане значення перевіряється умові зберігання товарного виду упаковки за рівнянням (6).

Розглянемо найбільш складний випадок технологічного процесу, коли вакуумний пристрій не захопив упаковку, а переміщення упаковки з пористого матеріалу відбувається лише механічним захоплювальним пристроєм. В такому випадку система керування відключає вакуум, а зусилля утримання перерозподіляється на механічний пристрій. Кінцеве рівняння не залежить від способу захоплення і визначається як:

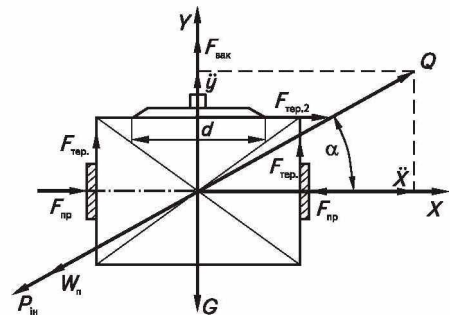


Рис. 3. Схема дії сил в процесі переміщення комбінованим захоплювальним пристроєм у випадку, коли напрям руху упаковки направлений перпендикулярно губкам механічного захоплюючого пристрою

$$[N] = \frac{W_n + ma + G}{2f} \quad (8)$$

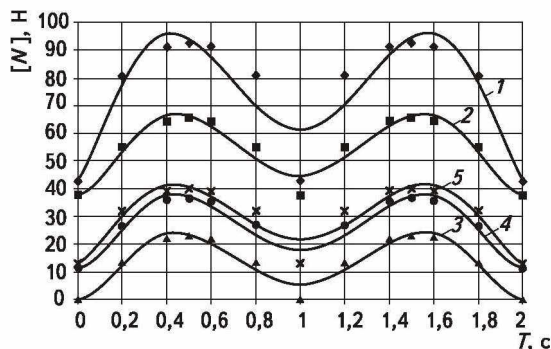


Рис. 4. Графік зміни допустимого зусилля утримання упаковки комбінованим, вакуумним і механічним захоплювальними пристроями від часу при різних схемах переміщення (закон руху — синусоїдальний, максимальне переміщення упаковки по осі $X = 1,2$ м, максимальне переміщення упаковки по осі $Y = 1,5$ м, початковий час переміщення упаковки $t_n = 0$ с, кінцевий час $T_k = 2$ с, $\Delta t = 0,2$ с: 1 — залежність допустимого зусилля утримання упаковки комбінованим захоплювальним пристроєм по першій схемі переміщення; 2 — залежність допустимого зусилля утримання упаковки комбінованим захоплювальним пристроєм по другій схемі переміщення; 3 — залежність допустимого зусилля утримання упаковки механічним захоплювальним пристроєм по першій схемі переміщення; 4 — залежність допустимого зусилля утримання упаковки механічним захоплювальним пристроєм по другій схемі переміщення; 5 — залежність допустимого зусилля утримання упаковки вакуумним захоплювальним пристроєм

зок, та збереження їх товарного вигляду за рахунок можливості розподілення зусилля утримання між захоплюючими елементами. Так різниця в зусиллі захоплення при однакових умовах переміщення між комбінованими та вакуумними захоплювальними пристроями становить до 56,76 %, а між комбінованими і механічними до 60,1 %. Отримані результати можна рекомендувати для практичного використання під час виконання проектних розрахунків та визначенні виду захоплювального пристрою.

З рівняння (8) видно, що величина допустимого зусилля губок на упаковку в механічних захоплювальних пристроях не залежить від пористості матеріалу упаковки.

Результати аналітичних досліджень по розробленим моделям представлено у вигляді графіка рис. 4, як функціональну залежність допустимого зусилля утримання упаковки комбінованим і механічним захоплювальними пристроями від часу при різних схемах переміщення: I схема — рис.2; II схема — рис. 3.

Таким чином для реалізації переміщення упаковок захоплювальними пристроями був вибраний синусоїдальний закони руху для вертикальної та горизонтальної площин. Матеріал упаковки мав пористу структуру і характеризувався явищем повітропроникності. Розроблені математичні моделі дозволили аналітично визначено зусилля утримання упаковки комбінованим, механічним та вакуумним захоплювальними пристроями з урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу, забезпечити надійне утримання упаковки та збереження її товарного вигляду.

Висновки. По результатам дослідження встановлено, що використання комбінованих захоплювальних пристроїв забезпечує більш надійне утримання упаковок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. Пакувальне обладнання: перспективи розвитку // Харчова і переробна промисловість. — 2009. — Квітень-травень. — С. 28 — 30.
2. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. Пакувальне обладнання. Обладнання для обробки транспортних пакетів. — К.: ІАЦ «Упаковка», 2006. — 96 с.
3. Беспалько А.П., Валіулін Г.Р. Пристрої для вкладання пляшок в транспортну тару // Упаковка. — 2008. — № 4. — С. 44 — 46.
4. Новиков Б.М. Автоматы для извлечения бутылок из ящиков и укладки их в ящики. — М.: Пищевая промышленность, 1977. — 110 с.
5. Соколенко А.И., Южно М.И., Ковалев А.И. и др. Погрузочно-разгрузочные и транспортные операции на линиях розлива пищевых продуктов. — М.: Агропромиздат, 1986. — 175 с.

В статье рассматривается возможность использование комбинированных захватывающих устройств в упаковочных комплексах для операций групповой упаковки. Разработанная математическая модель для определения основных кинематических и динамических параметров таких конструкций учитывает физико-механические характеристики упаковочных материалов, что дает возможность ограничить усилия удерживания и сохранить товарный вид упаковок. Для уменьшения времени операций перемещения упаковок рассмотрен случай реализации заданного закона движения захватывающим устройством и определено его влияния на усилия удерживания упаковок. Сделан сравнительный анализ усилий удерживания упаковок вакуумными, механическими и комбинированными захватными устройствами. Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых конструкций комбинированных захватывающих устройств в оборудовании для групповой упаковки.

Ключевые слова: групповая упаковка, усилия удержания, воздухопроницаемость, комбинированные захватывающее устройства.

M. Yakimchuk

The development of choice methods for the main parameters of combined gripping devices while designing group packaging equipment

The article discusses the possible use of combined gripping devices in packaging systems for group packaging operations. The analysis of the devices designs is presented as a classification of designs in question.

A mathematical model has been developed to estimate the basic kinematic and dynamic parameters for abovementioned designs, taking into account the physical and mechanical properties of packaging materials, which allows for the limitation of the holding effort and preserving the marketable look of the packaging. To reduce the time it takes to move packages the case is presented where a predetermined law of movement is implemented by a gripping device, and its impact on holding effort is calculated. A comparative analysis of the packaging holding effort for the vacuum, mechanical and combined gripping devices is also presented in the article. The results can be used to develop new designs of the combined gripping devices in the group packaging equipment.

Key words: Group packing, retention, breathability, combined an exciting device.

Одержана редколлегією 15.04.2013 р.