

УДК 621-798

Й.І.СТОРИЖКО, кандидат технічних наук

М.М. ПІТРА

О.І. КОВАЛЬОВ, кандидат технічних наук

Український Державний Університет харчових технологій

**ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВИ НАДІЙНОГО УТРИМАННЯ СКЛОПЛЯШКИ
ПНЕВМОЗАХВАТНИМ ЕЛЕМЕНТОМ УКЛАДАЛЬНИКА**

Важливим критерієм ефективної роботи укладального пристрою є надійне утримання шару пляшок пневмозахватними елементами в процесі їх переміщення від стола-накопичувача до транспортної тари. Щоб забезпечити надійну фіксацію пляшок, потрібно обмежувати кінематичні параметри руху головки, тому що жорсткого зв'язку між пляшкою і захватом не існує.

Методики розрахунку максимальних прискорень захватної головки з урахуванням умови надійного утримання пляшок пневмозахватними патронами в технічній літературі при попередньому аналізі не знайдено. Лише для укладальних автоматів декількох типів розробники провели експериментальні дослідження [1], [2]. Все це спонукає спеціалістів, які створюють нову техніку, необгрунтовано зменшувати продуктивність укладальних пристроїв або підвищувати тиск у системі повітрязабезпечення.

Для визначення умови надійного утримання пляшок для пневмозахватів найбільш поширених типів з гнучкою оболонкою конічної або циліндричної форми проведено аналітичне дослідження прискореного руху захватної головки під час підймання шару упаковок із стола-накопичувача. У цей момент навантаження елементів захватів найгірше внаслідок поєднання негативних факторів, що спричинюють відрив пляшок і їх падіння, а саме: рушійна сила напрямлена вгору, сили інерції і тяжіння – у протилежний бік, на початку підймання в більшості конструкцій укладальників виникають найбільші прискорення і відповідні їм сили інерції; є велика ймовірність того, що захватні елементи на початку руху ще не повністю захопили

пляшки; на шар пляшок, що піднімаються, діють додаткові зусилля стискання з боку пляшок, які залишаються на столі-накопичувачі.

При складанні математичної моделі й виведенні аналітичних залежностей прийнято такі припущення: масив пляшок рухається на столі-накопичувачі поступально, як одне ціле, при цьому формується шар пляшок з лінійною розкладкою; взаємодія між рядами пляшок незначна, тому зусилля не враховувалися; сили тертя між пляшками і боковими напрямними також незначні; під час підймання шару пляшок стіл-накопичувач не рухається; у межах існуючих навантажень жорсткість гумового елемента захватного патрона, який перебуває під тиском, досить велика, тому деформація цього елемента при складанні математичної моделі не враховувалася; завдяки значній жорсткості гнучкого гумового елемента припускалось, що в межах реальних прискорень головки захватний елемент і пляшка рухаються, як єдине ціле.

Схема навантаження пневмозахватного елемента під час прискореного підймання пляшки показана на рис.1. Крім рушійної сили $\bar{F}_{руш}$, на елементи, що рухаються, діють такі сили: \bar{G}_{nn} і \bar{G}_n – сили тяжіння пляшки і патрона; \bar{F}_{in1} і \bar{F}_{in2} – сили інерції, що діють відповідно на пляшку і патрон; $\bar{F}_{тер1}$ і $\bar{F}_{тер2}$ – сили тертя ковзання відповідно між пляшкою і стопорною планкою та між пляшкою і гнучким захватним елементом (гума, поліуретан тощо); \bar{N}_1 і \bar{N}_2 – сили нормального тиску.

Згідно з діючими на пляшку силами (див рис.1) умова надійного утримання пляшки під час прискореного руху буде мати вигляд

$$F_{тер2} \cos \alpha \geq G_{nn} + F_{in1} + F_{тер1}. \quad (1)$$

Силу тертя, що виникає між пляшкою і гнучким елементом, можна визначити згідно із залежністю

$$F_{тер2} = f_2(Sp) \cos \alpha, \quad (2)$$

де f_2 – коефіцієнт тертя ковзання між пляшкою і гнучким елементом;
 S – площа контакту, що виникає у місці дотику гнучкого елемента і пляшки,
 мм^2 ; p – тиск у пневмосистемі захватів, МПа.

Сили тяжіння та інерції визначають за відомими залежностями, силу тертя з боку стопорної планки – за формулою

$$F_{\text{тер } 1} = f_1 N_1, \quad (3)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя ковзання між пляшкою і стопорною планкою 4.

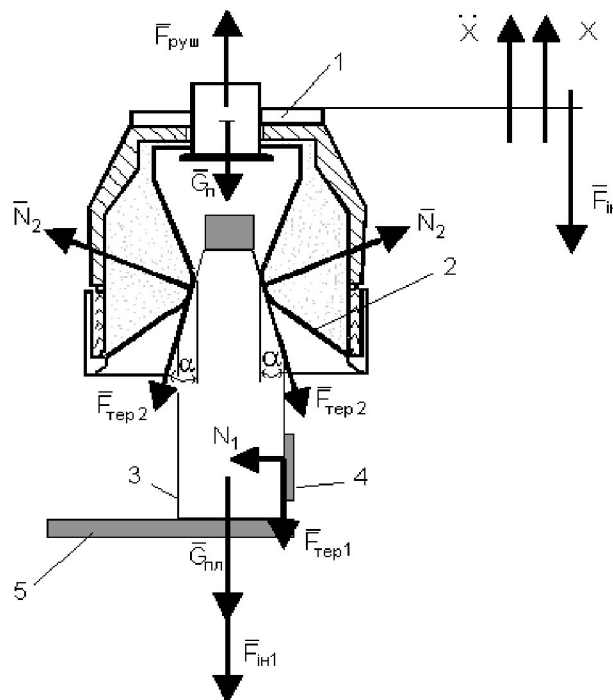


Рис.1. Схема сил, що діють під час підймання шару пляшок із столу-накопичувача:

1 – пневмопатрон; 2 – гнучка оболонка; 3 – споживча упаковка (пляшка);

4 – стопорна планка; 5 – несуча площина столу-накопичувача

Сила нормального тиску N_1 за визначених умов буде дорівнювати зусиллю напору, який створює ряд пляшок, рухаючись по столу-накопичувачу. Для її визначення скористаємося схемою, зображеною на рис.2:

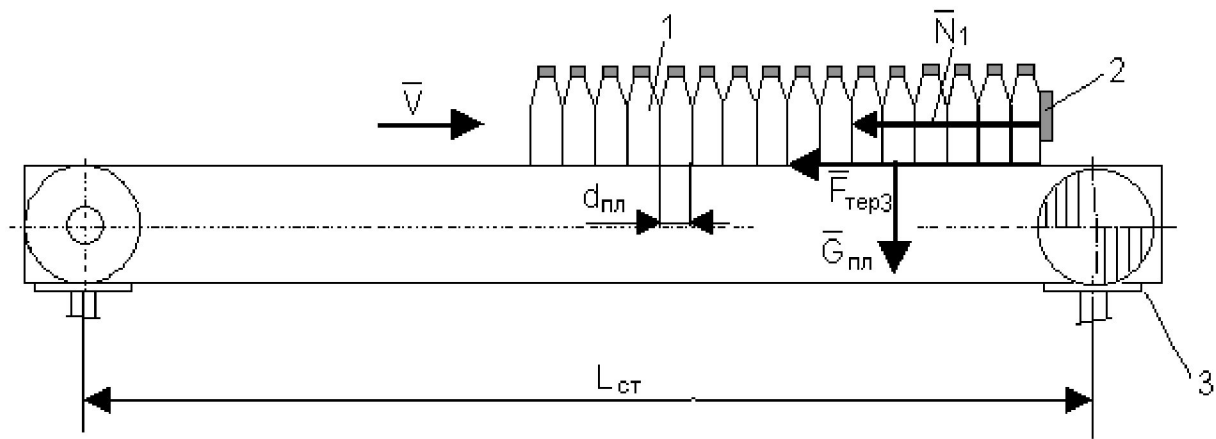


Рис. 2. Схема до визначення сили притискання першої пляшки до стопорної планки: 1 – ряд пляшок; 2 – стопорна планка; 3 – стіл-накопичувач

Сила нормального тиску

$$N_1 = F_{\text{терз}} n_{\text{пл}} , \quad (4)$$

де $F_{\text{терз}}$ – сила тертя, яка виникає між дном пляшки і тяговим ланцюгом стола-накопичувача 3, Н; $n_{\text{пл}}$ – кількість пляшок у ряду, який можна встановити по всій довжині $L_{\text{ст}}$ стола-накопичувача, тобто

$$F_{\text{терз}} = f_3 m_{\text{пл}} g = f_3 G_{\text{пл}} ; \quad (5)$$

f_3 – коефіцієнт тертя ковзання між дном пляшки і тяговим ланцюгом стола-накопичувача.

З урахуванням рівнянь (4) і (5) залежність (3) зводимо до вигляду

$$F_{\text{терз1}} = f_1 f_3 m_{\text{пл}} g n_{\text{пл}} = f_1 f_3 m_{\text{пл}} g \frac{L_{\text{ст}}}{d_{\text{пл}}} , \quad (6)$$

де $L_{\text{ст}}$ – довжина стола-накопичувача, мм; $d_{\text{пл}}$ – зовнішній діаметр пляшки, мм; g – прискорення вільного падіння, м/с².

Підставляючи величини $G_{\text{пл}}$, $F_{\text{ин}}$ та інші в умову (1), після відповідних перетворень дістанемо

$$\ddot{x} \leq \frac{f_2 S p \cos \alpha}{m_{\text{пл}}} - g \left(1 + f_1 f_3 \frac{L_{\text{ст}}}{d_{\text{пл}}} \right) , \quad (7)$$

де \ddot{x} – прискорення, з яким рухається захватна головка, м/с².

У деяких конструкціях укладальних автоматів стопорна планка після накладання захватів на пляшки відсувається, тому для цього випадку умова (7) спрощується:

$$\ddot{x} \leq \frac{f_2 S p \cos \alpha}{m_{пл}} - g . \quad (8)$$

Умови (7) і (8) дають можливість визначити граничні значення прискорення захватної головки \ddot{x} під час підймання шару пляшок. Безумовно, для гарантованого забезпечення умов зберігання споживчої упаковки і продукції та визначення реальних резервів продуктивності укладальних пристроїв треба вводити відповідні коефіцієнти запасу.

У залежності (7) і (8) входять такі параметри, як площа контакту, що створюється в місці дотику гнучкого елемента і пляшки, та робочий тиск у пневмосистемі. Ці параметри залежать від таких факторів: типу і місткості пляшки, форми її горловини; конструкції пневмозахватного елемента; товщини, форми і матеріалу гнучкого елемента; умови роботи і стану пляшок (мокрі чи сухі, повні чи порожні) та деяких інших. Аналітично вивести залежності для S і p від вище перелічених факторів досить складно, тому ці залежності визначали експериментально.

З результатів аналізу існуючих конструкцій пневмозахватних патронів зроблено висновок, що всі вони мають у своєму складі однакові за функціональним призначенням елементи (рис. 3), а саме: гнучку конічну або циліндричну неметалеву оболонку 6; корпус 5; трубку 2 для фіксування патрона на рамі захватної головки (цю трубку одночасно використовують для подавання стиснутого повітря у корпус патрона); гайку 1 і контргайку 4 для закріплення пневмопатрона і регулювання висоти його розміщення відносно рами захватної головки; гвинт притискний 3; нижню втулку 7 для утримання гнучкої оболонки у корпусі патрона.

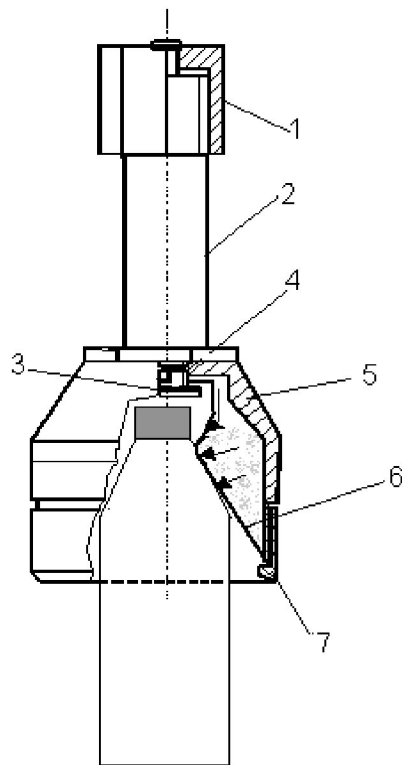


Рис.3. Конструкція захватного патрону

Деталі захватних патронів виготовляють з легких металів або пластмас. Усі захватні патрони мають однаковий принцип роботи. Під час руху захватної головки вниз патрони опускаються на пляшки і гнучка оболонка кожного патрона охоплює горловину пляшки. Після подачі стиснутого повітря у простір між корпусом пневмопатрона та гнучкою оболонкою остання деформується, стискаючи горловину пляшки. Силою, що утримує пляшку, є сила тертя між поверхнями оболонки та горловини. Безумовно, чим більший тиск, тим дужче деформується оболонка і тим міцніше утримується упаковка. На силу деформації гнучкої оболонки впливають також товщина, форма і матеріал оболонки. Щоб збільшити силу утримання пляшки і довговічність оболонок, на внутрішніх поверхнях деяких із них передбачено поперечні або поздовжні ребра жорсткості (потовщення).

Під час проведення дослідів для пневмопатронів кожного типу і визначених умов роботи заміряли значення тиску, площі контакту оболонки з пляшкою і кількість точок контакту. Встановлено, що кількість точок контакту для пневмопатронів усіх типів, що досліджувалися, дорівнює чотирьом. Площу контакту визначали вимірюванням площі поверхні плями

з крейди, яка залишалася на пляшці після зняття тиску. Результати експериментів наведені в таблиці.

Таблиця 1. Середньоарифметичні значення площі контакту гнучкої оболонки пневмозахватного патрона з пляшками, мм²

Тип патрона	Значення S при тиску p, бар									
	0,9	1,2	1,6	2,3	2,9	3,1	3,6	4,4	5,4	6,8
1. Для пляшок 0,75 л (шампанське)	1573	1563	1680	1773	1813	1833	1906	2011	–	–
2. Для пляшок 0,5 л (вода, пиво)	541	786	1121	1102	1322	1128	1498	1420	–	–
3. Для пляшок 0,75 л (шампанське)	1604	2168	2654	2509	2916	2849	3169	3022	3013	3074
4. Для пляшок 0,7 л (вино)	60	145	374	681	679	972	1142	1203	1424	–

Дані експериментів були апроксимовані за допомогою поліномів:

патрон для пляшок 0,75 л (шампанське)

$$S = 57,552p + 1521,4; \quad (9)$$

$$R^2 = 0,9771,$$

де R^2 – оцінка точності апроксимації;

патрон для пляшок 0,5 л (вода, пиво)

$$S = 3,228p^3 - 62,481p^2 + 457,25p + 137,39; \quad (10)$$

$$R^2 = 0,9474;$$

патрон для пляшок 0,75 л (шампанське)

$$S = 5,1p^3 - 109,37p^2 + 808,4p + 925,65; \quad (11)$$

$$R^2 = 0,9474;$$

патрон для пляшок 0,7 л (вино)

$$S = 0,6039p^3 - 15,582p^2 + 8257,34p - 232,76; \quad (12)$$

$$R^2 = 0,98.$$

Рівняння (9)...(12) отримані з використанням електронних таблиць табличного процесора "Ексел". Це значно прискорило обробку та отримання результатів експериментів і виключило похибку розрахунків.

Результати графічної апроксимації даних для патронів типів 1–4 наведені у вигляді кривих на рис 4.

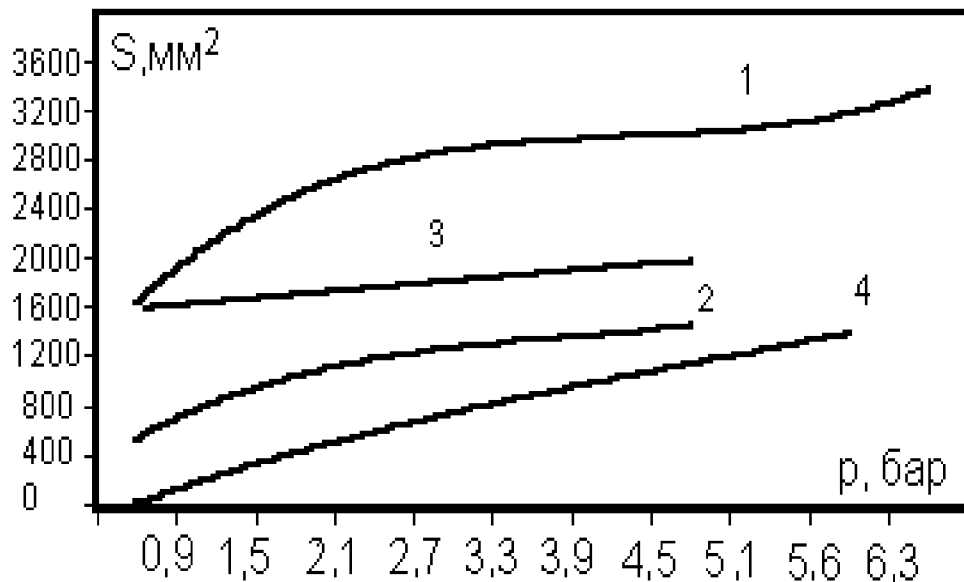


Рис.4. Графіки залежностей площі контакту гнучкої оболонки пневмозахватного елемента з поверхню горловини пляшки від тиску в захватному патроні

Рівняння (9)...(12) і графічні залежності (рис. 4) дають можливість визначити силу, яка утримує пляшки, H ,

$$F_{ymp} = f_2 Sp. \quad (13)$$

Рівняння (13) використовують для розрахунку пневмозахватних патронів, або для того, щоб дібрати оптимальне значення тиску, враховуючи при цьому умови роботи, тип захватного патрона, матеріал гнучкої оболонки та деякі інші фактори.

Висновки. Результати проведеного аналітичного та експериментального досліджень дають можливість також розрахувати граничні значення прискорення руху захватної головки і визначитися з максимально допустимою продуктивністю укладального пристрою, при якій не буде пошкоджень пляшок і втрат продукції. Це дасть змогу проектувати сучасні, високопродуктивні і надійні в роботі укладальні автомати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Новиков Б.М. Автоматы для извлечения бутылок из ящиков и укладки их в ящики. – М.: Пищ. пром-сть, 1977.
2. Нигора В.Н. Пневматические захватные устройства в упаковочных линиях. – М: ЦНИИТЕИ пищепром. –1984. Вып 1,2. 1–С. 35–36.