

УДК 621.798.4

STUDY OF CHARACTERISTIC PARAMETERS IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF FORMING PROTECTIVE AIR PACKAGING

A. Derenivska, S. Blazhenko, N. Maslo, V. Kostin*National University of Food Technologies***Key words:**

Packaging,
Valve,
Air-bubble packaging,
Inflatable air protective
packaging

Article history:

Received 14.12.2023
Received in revised form
15.12.2023
Accepted 18.12.2023

Corresponding author:

anastasya.d@gmail.com

ABSTRACT

The analysis of the proposals in the inflatable protective packaging market indicates a further increase in its use. In addition, scientific research will determine the prospects for the development of new and improvement of existing packages. One of the directions is the research related to the peculiarities of the use of check valves, the main function of which is the supply and retention of air inside the package. These functions are provided by the geometric dimensions and structural features of the internal channels for the movement of air inside the check valve. The article is aimed at studying the features and characteristic parameters of the process of forming inflatable protective packaging using check valves. The object of research is the technological process of forming inflatable protective packaging of various geometries and methods of execution. The subject of the study is the diagrams of the technological process of forming an inflatable protective package and the distribution of pressure values, speed during air movement in check valves. The simulation results showed a clear distribution across the pressure zones during air movement in different types of check valves. With the help of simulation modeling confirmed: the ability to control the conditions of air movement using the geometry of check valves; expediency of using a valve with four outlet channels, as such, in which the speed of air movement is minimal, and the created air pressure is maximum. Using this valve design, a cell with a higher pressure can be obtained during the packaging process. This will provide greater protection for the product from dynamic loads. The method of studying the process of forming air protective packaging with the help of check valves allows determining the maximum load and choosing the type of packaging material. It helps find the optimal operating modes of devices for making packaging, as well as the rational design and geometric parameters of check valves.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-17

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАХИСНОЇ ПОВІТРЯНОЇ УПАКОВКИ

А. В. Деренівська, канд.техн. наук,

С. І. Блаженко, канд.техн. наук,

М. А. Масло, канд.техн. наук,

В. Б. Костін, канд.техн. наук

Національний університет харчових технологій

Мета статті полягає в дослідженні особливостей і характерних параметрів процесу формоутворення надувної захисної упаковки за допомогою зворотних клапанів, основна функція яких — подача та утримання повітря всередині упаковки. Дослідження процесу переміщення повітря в зворотних клапанах та упаковці дає змогу визначити максимальне навантаження на пакувальний матеріал, підібрати необхідний вид пакувального матеріалу, знайти оптимальні режими роботи пристроїв для виготовлення такої упаковки, раціональну конструкцію та геометричні параметри зворотних клапанів.

Ключові слова: пакування, клапан, повітряно-бульбашкова упаковка, надувна повітряна захисна упаковка.

Постановка проблеми. Сучасна індустрія упаковки виявляє різноманітність у типах і матеріалах упаковок. Технології пакування харчових продуктів стрімко розвиваються, вносячи інновації в цю сферу. Упаковка, яка використовує комірки з повітрям для захисту продукту, — один із результатів розвитку сфери пакування.

Основні переваги повітряної захисної плівки [1, 2]: широкий температурний діапазон експлуатації; висока механічна міцність та амортизаційні властивості; легко піддається механічній обробці й зварюванню; високий опір проникненню вологи; пилонепроникність; мала вага; захист від подряпин; висока гнучкість, що полегшує процес пакування, охоплює форму товару, заощаджує внутрішній об'єм транспортної упаковки; не містить токсичних речовин; не змінює фізико-хімічних властивостей продуктів.

Спочатку використовувався такий допоміжний пакувальний засіб, як Bubble Wrap Packaging (повітряно-бульбашкова/пухирчата обгортальна плівка). Вона буває (рис. 1, а, б) двошаровою та тришаровою. Двошарова складається з двох шарів: шару бульбашок і гладкого шару поліетилену. Тришарова — трьох шарів: двох шарів гладкого поліетилену й шару бульбашок, який розташований між ними. Основними параметрами плівок є діаметр бульбашок і щільність поліетилену. Товщина плівки залежить від діаметра бульбашки, а величина допустимого навантаження — від щільності матеріалу.

Усі бульбашки не пов'язані, тому під час порушення цілісності однієї (наприклад, при різанні плівки, ударах, здавлюванні) інші зберігають усередині себе повітря, чим забезпечують захисні властивості.

Bubble Wrap Packaging в пакуванні харчових продуктів мало поширена, але може бути використана:

1. Як прокладка або обгортковий матеріал для крихких продуктів, які чутливі до тиску або ударів і легко втрачають товарний вигляд (яйця, фрукти, овочі).
2. Для збереження холоду або тепла (рис. 2, а, б).

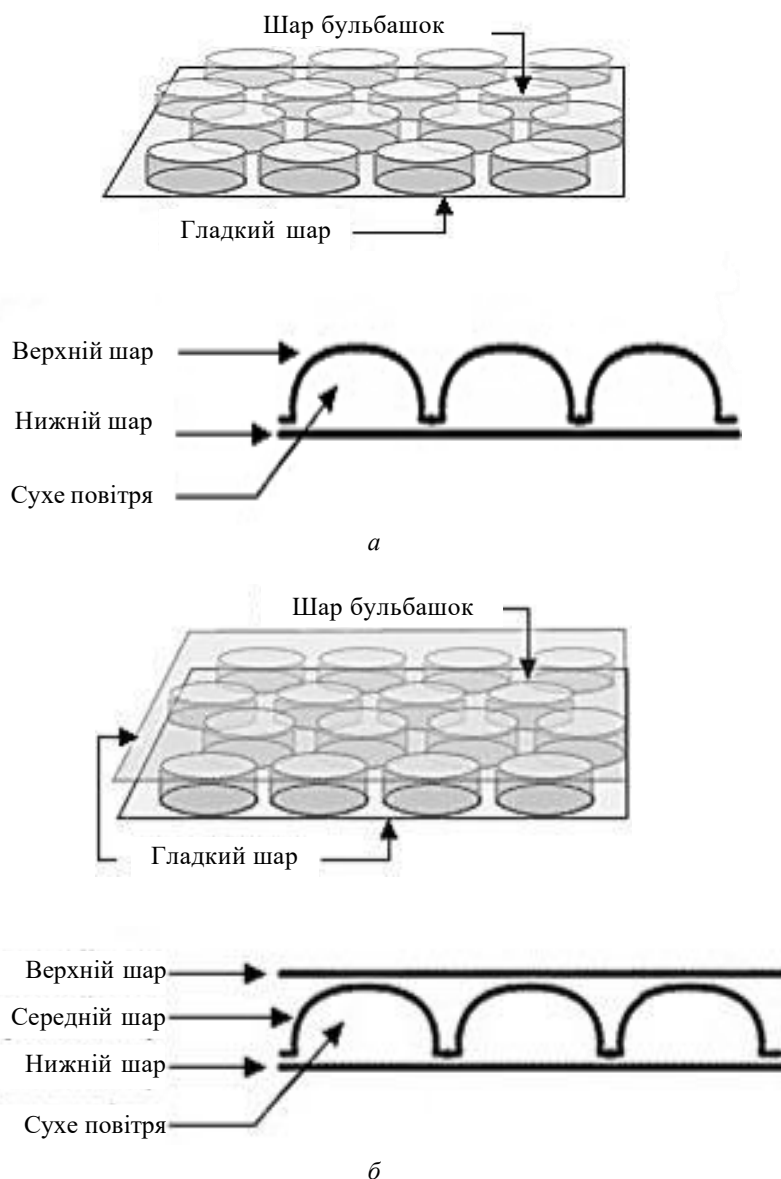


Рис. 1. Повітряно-бульбашкова плівка: а — двошарова, б — тришарова

Наступним етапом розвитку стала розробка надувної захисної повітряної упаковки, яка має переваги повітряно-бульбашкової плівки, але потребує для виготовлення пакувальний матеріал більшої товщини. Додатковою перевагою є можливість забезпечити процес «дихання» плодоовочевої сировини, організувати розташування, надійно зафіксувати товари всередині упаковки та використовувати на різних стадіях пакування. Крім того, наповнення заготовок захисної повітряної упаковки повітрям відбувається безпосередньо перед пакуванням — автоматично або вручну. Доступність заготовок і різноваріантність їх заповнення повітрям дає змогу забезпечити такий пакувальний процес, який зекономить витрати на логістичні операції та зменшить використання виробничої площі. Крім того, така технологія пакування забез-

печує використання упаковки не тільки способом обгортання, заповнення вільного простору повітряними «подушками», а й безпосередньо пакування продукту чи пакованої одиниці будь-якої форми й типорозміру в споживче, групове чи транспортне пакування. Продукт буде надійно зафіксований та захищений від зовнішніх навантажень.



Рис. 2. Способи використання Bubble Wrap Packaging для пакування: а — полуниці; б — вина

Основними видами надувної захисної повітряної упаковки є: Air Pillow Packaging; Air Cushion Film; Inflatable Air Packaging.

Air Pillow Packaging — це допоміжний пакувальний засіб типу «подушка» зі зворотним клапаном. Заготовка може мати форму кола або прямокутника. Найчастіше використовується для заповнення вільного простору і фіксації в потрібному положенні товару в транспортній упаковці (рис. 3).

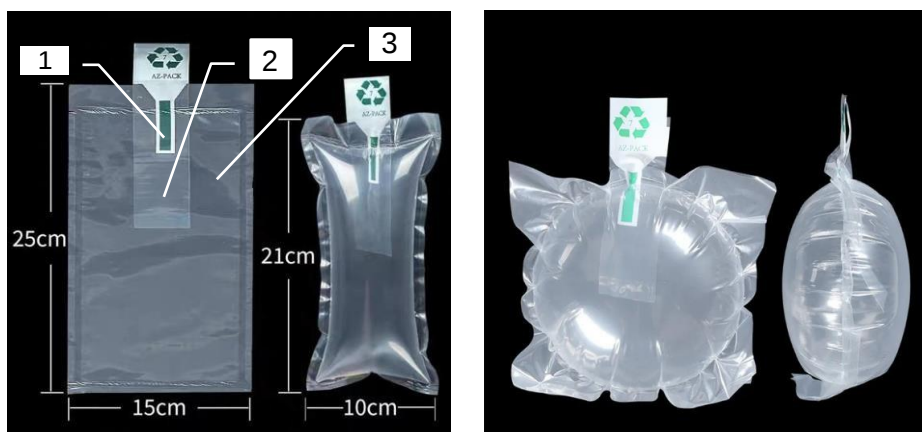


Рис. 3. Упаковка Air Pillow Packaging зі зворотним клапаном: 1 — зворотний клапан для подачі повітря; 2 — рукав подачі повітря від клапана всередину упаковки; 3 — корпус упаковки

Упаковка Air Cushion Film (рис. 4) — це рукав плівки зі зварними швами виконаними таким чином, щоб вони утворювали по ширині плівки комірки, або їх ряди поєднані каналом. Формоутворення відбувається за допомогою зворотних клапанів, повздовжніх і поперечних каналів, в які подається повітря. Використовується для обгортання або фіксації товару заповненням вільного простору транспортної упаковки. Може бути матеріалом для подальшого виготовлення Inflatable Air Packaging.



Рис. 4. Використання повітряної захисної плівки Air Cushion Film

Найбільш поширена форма комірок (рис. 5): коло, квадрат, прямокутник, трубка тощо. Структурними елементами (рис. 6) можуть бути: повздовжній і бокові канали для подачі повітря; зворотні клапани подачі повітря в комірки; комірки різної форми та розмірів; зварні шви для створення каналів, комірок, ребер упаковки (якщо виготовляємо Inflatable Air Packaging) та герметизації заповнених повітрям рядів комірок.

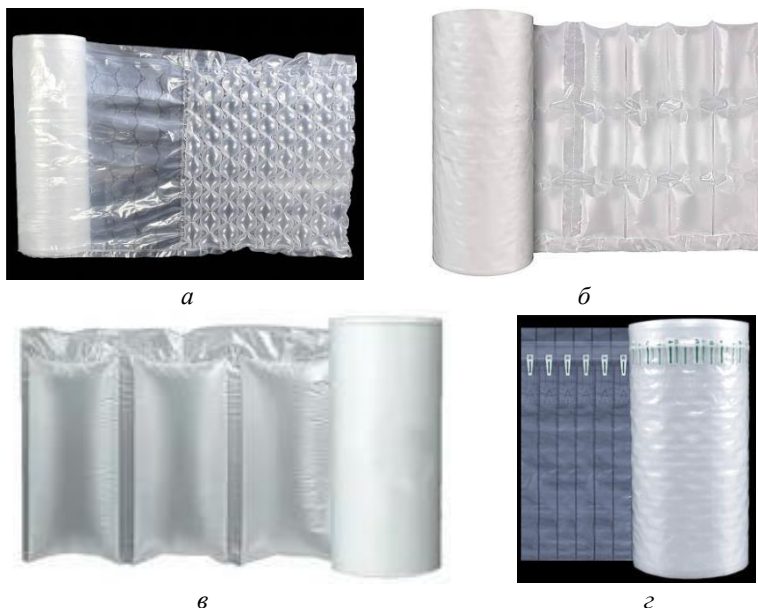


Рис. 5. Найбільш поширені зразки рулонного пакувального матеріалу для виготовлення Air Cushion Film із комірками у вигляді: *а* — кола, *б* — квадрата, *в* — прямокутника, *г* — трубки

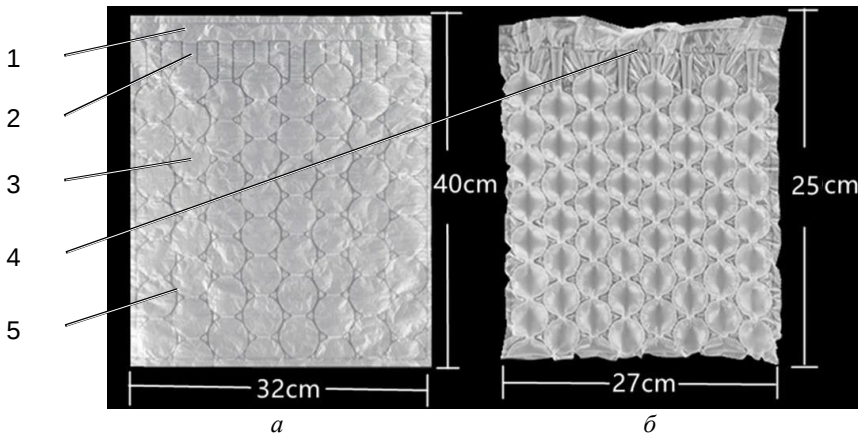


Рис. 6. Характерна будова Air Cushion Film: *а* — заготовка упаковки, *б* — заповнена повітрям упаковка; 1 — поздовжній канал для подачі повітря; 2 — бокові канали для подачі повітря в ряд (без зворотних клапанів); 3 — комірка (круглої форми); 4 — зварний шов для герметизації заповнених повітрям рядів комірок; 5 — зварний шов для створення комірок упаковки

Inflatable Air Packaging — це повітряна захисна упаковка призначена безпосередньо для пакування в неї різних товарів і продуктів. Залежно від стадії пакування вона може виконувати функції споживчої, групової й транспортної упаковки (рис. 7). Упаковка може бути виготовлена шляхом складання навіпіл і утворювати «кишеню» (рис. 7, *а*) та мати отвори для «дихання» продуктів (рис. 7, *з*) — Inflatable Air Bag. Але на сьогодні, найбільш поширеною є Inflatable Air Column Bag, яка виготовляється з Air Cushion Film з певним видом комірок — циліндричним (рис. 7, *б, в, д*).

Проведений аналіз пропозицій на ринку надувної захисної упаковки свідчить про подальше зростання її використання. Крім того, проведення наукових досліджень дасть змогу визначити перспективи для розробки нових і вдосконалення існуючих упаковок. Одним із напрямків запропоновано проведення досліджень, пов'язаних з особливостями використання зворотних клапанів, основна функція яких — подача й утримання повітря всередині упаковки. Ці функції забезпечуються геометричними розмірами та особливостями будови внутрішніх каналів для переміщення повітря всередині зворотного клапану.

Мета статті полягає в дослідженні особливостей і характерних параметрів процесу формоутворення надувної захисної упаковки за допомогою зворотних клапанів.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження — технологічний процес формоутворення надувної захисної упаковки різної геометрії та способів виконання. Предмет дослідження — схеми технологічного процесу формоутворення надувної захисної упаковки та розподіл значень тиску, швидкості під час переміщення повітря в зворотних клапанах.

Дослідження проводилось з використанням методів аналізу та синтезу. Дослідження параметрів процесу формоутворення упаковки проводилось шляхом імітаційного моделювання [3] переміщення потоку стисненого повітря всередині зворотних клапанів у програмі загального параметричного моделювання потоків газів (рідини) і базувалось на використанні теорії гідрогазодинаміки — закону нерозривності струмини потоку повітря, закону Бернуллі.



Рис. 7. Зразки використання повітряної захисної упаковки типу Inflatable Air Packaging для пакування: а — карамболі, б — винограду, в — пляшки вина, г — групи алюмінієвих банок, д — персиків

Початкові умови імітаційного моделювання [4]. Навколишні умови: температура 293,2 К, тиск 101350 Па. Конструкція та геометричні параметри зворотних клапанів і комірки упаковки.

Результати дослідження. Проведене дослідження з використанням методів аналізу та синтезу дало змогу встановити відповідність між видами повітряної захисної упаковки та способами її використання, а також розробити узагальнюючу класифікацію. Результати дослідження наведені на рис. 8, 9.

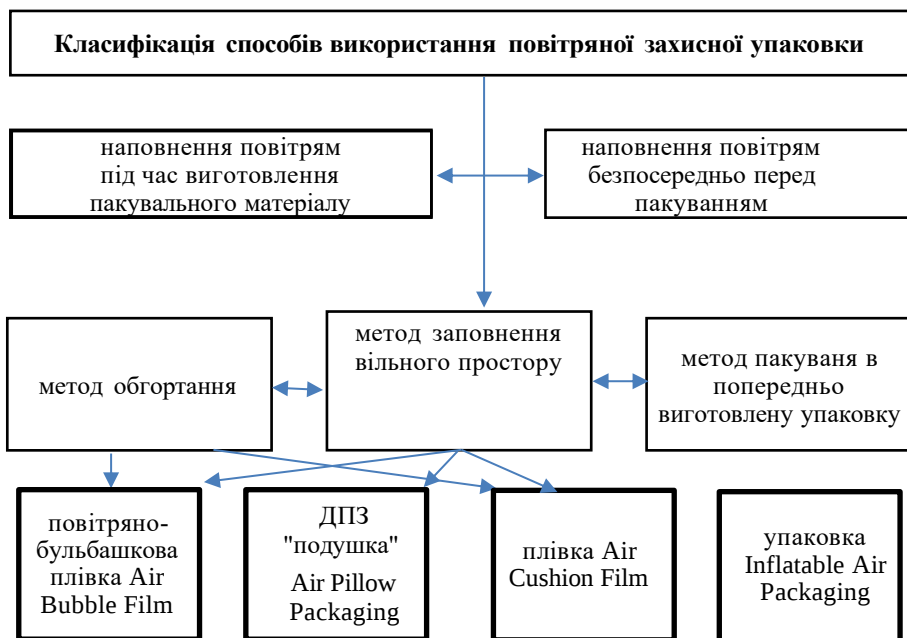


Рис. 8. Класифікація способів використання повітряної захисної упаковки

Проведене дослідження технологій формоутворення надувної захисної упаковки зі зворотними клапанами дало змогу визначити такі спільні операції: 1) подача повітря через зворотний клапан; 2) заповнення комірки/комірок повітрям; 3) герметизація клапана для подачі повітря під дією надлишкового тиску всередині комірки; 4) припинення подачі повітря. Виконання клапанів та комірок може бути різноманітне. Під час дослідження встановлено: під час формоутворення надувної захисної упаковки за допомогою стисненого повітря можуть виникати значні зусилля, існує можливість розтягування плівки або розриву зварних швів.

Для уникнення цих явищ необхідно визначити розподіл значень тиску та швидкості повітря в каналах і комірках упаковки. Результати проведеного моделювання для визначення тиску та швидкості повітря під час формоутворення надувної захисної упаковки представлено на рис. 12—15.

Характерні технологічні схеми наповнення повітрям надувної захисної упаковки [5, 6, 7] з та без зворотних клапанів наведені на рис. 10, 11.

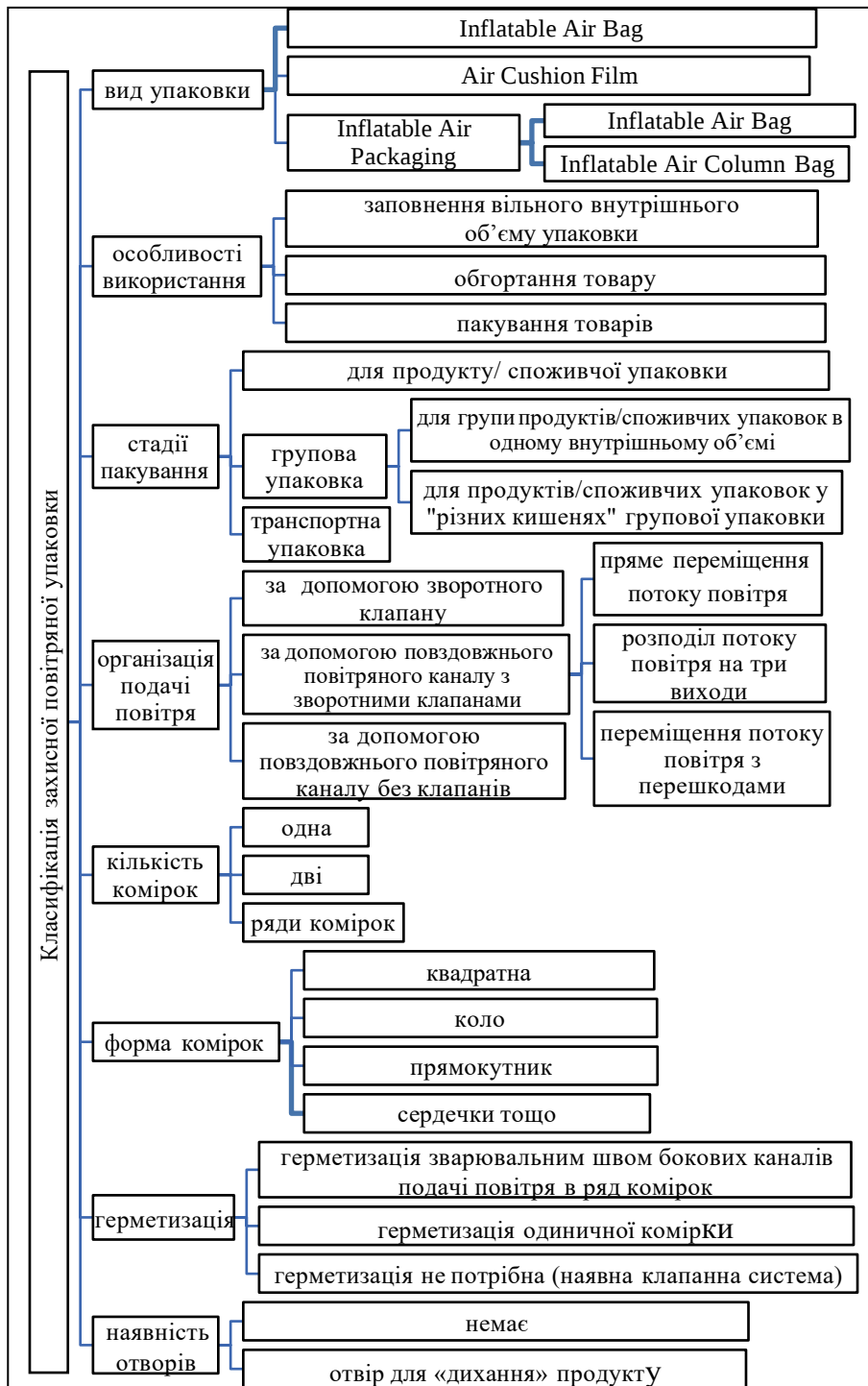


Рис. 9. Загальна класифікація повітряної захисної упаковки



Рис. 10. Характерна технологічна схема формоутворення Air Cushion Film без зворотних клапанів за допомогою спеціального обладнання Air Cushioning Machine

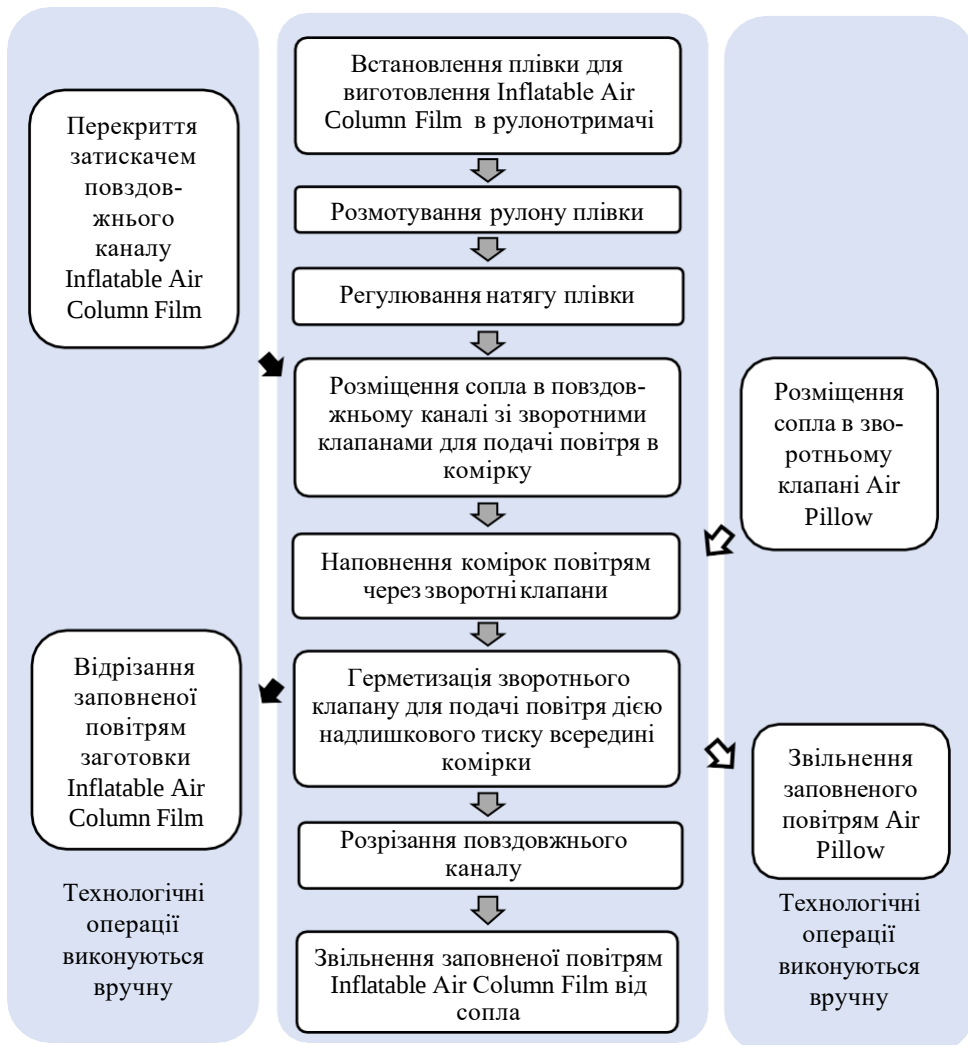


Рис. 11. Характерна технологічна схема процесу формоутворення різних видів повітряної захисної упаковки зі зворотними клапанами

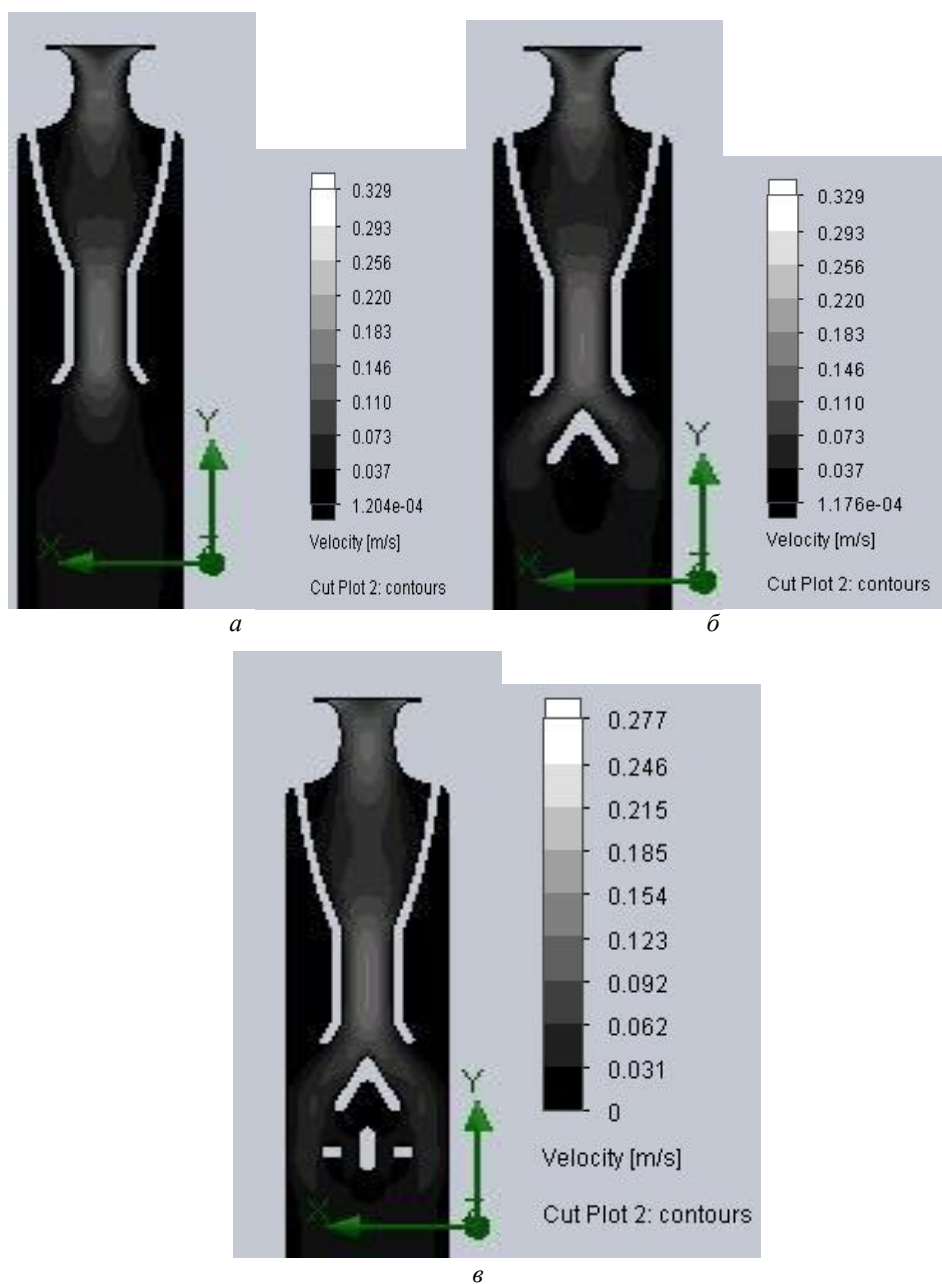


Рис. 12. Результати імітаційного моделювання процесу формоутворення комірки захисної надувної упаковки з різними зворотними клапанами тривалістю 1 с: *a*, *б*, *в* — колірні діаграма та колірні шкали розподілу величин швидкості переміщення повітря в поперечному перерізі упаковки з відповідно одним, двома, чотирма вихідними потоками в зворотних клапанах

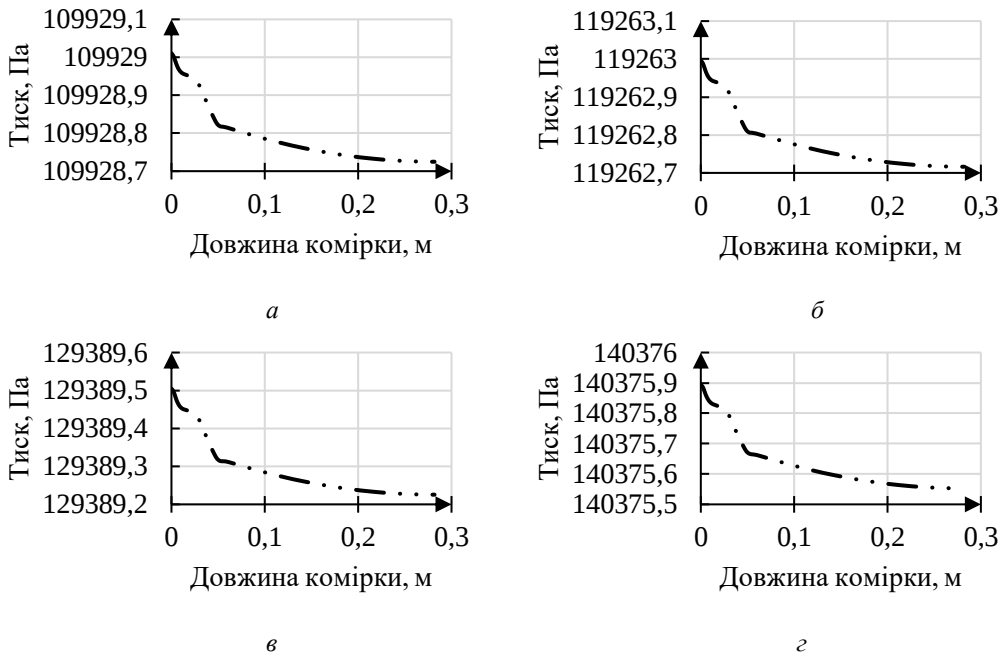


Рис. 13. Результати імітаційного моделювання процесу формоутворення комірки захисної надувної упаковки зі зворотним клапаном, який має один вихідний повітряний потік: *a*, *б*, *в*, *г* — графіки зміни тиску повітря вздовж комірки в кінці її формоутворення протягом відповідно, 0,5 с, 1 с, 1,5 с, 2 с

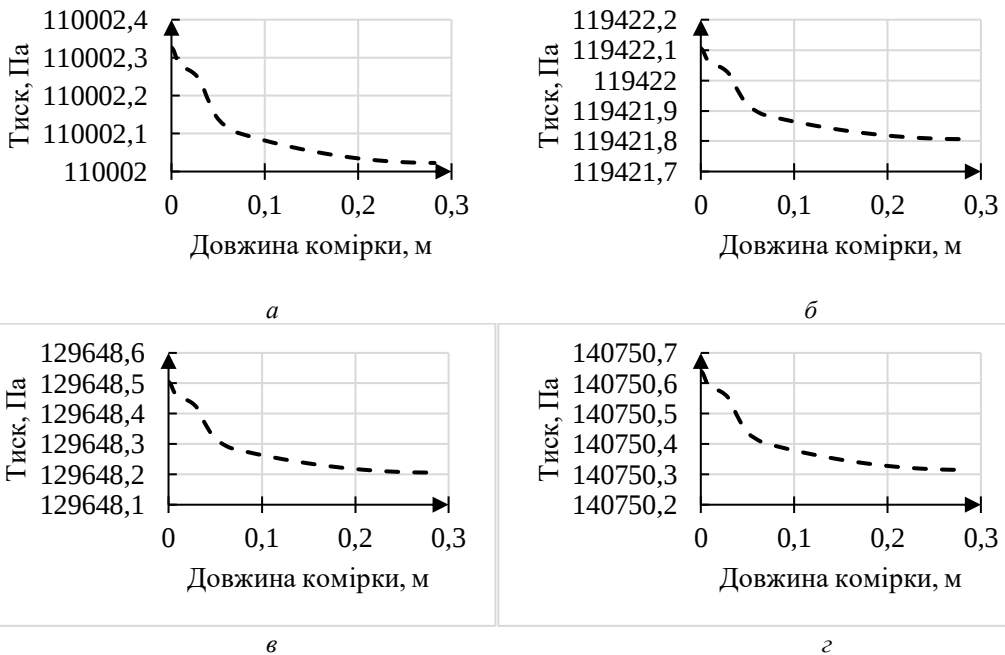


Рис. 14. Результати імітаційного моделювання процесу формоутворення комірки захисної надувної упаковки зі зворотним клапаном, який має два вихідних повітряних потоки: *a*, *б*, *в*, *г* — графіки зміни тиску повітря вздовж комірки в кінці її формоутворення протягом, відповідно, 0,5 с, 1 с, 1,5 с, 2 с

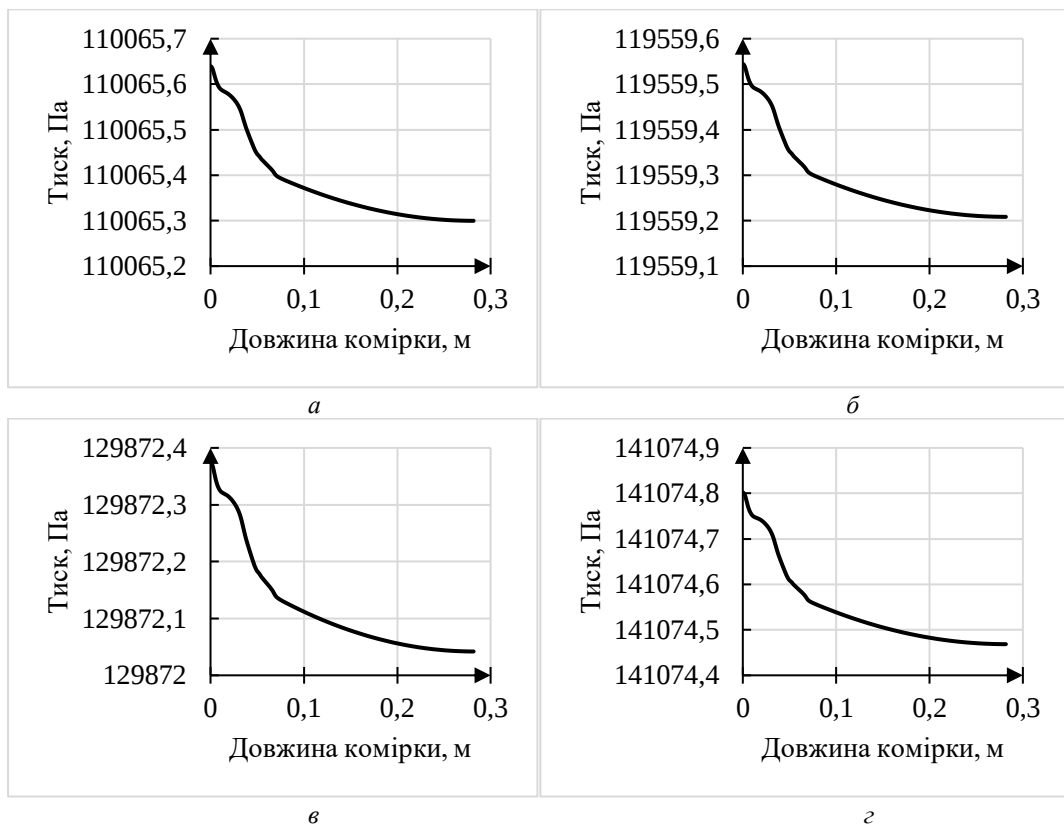


Рис. 15. Результати імітаційного моделювання процесу формоутворення комірки захисної надувної упаковки зі зворотним клапаном, який має чотири вихідних повітряних потоки:
а, б, в, г — графіки зміни тиску повітря вздовж комірки в кінці її формоутворення протягом, відповідно, 0,5 с, 1 с, 1,5 с, 2 с

Висновок. Результати моделювання показали наявність чіткого розподілу по зонах тиску під час переміщення повітря в різних видах зворотних клапанів. За допомогою імітаційного моделювання підтверджено можливість керувати умовами переміщення повітря за допомогою геометрії зворотних клапанів; доцільність використання клапана з чотирма вихідними каналами як такого, в якому швидкість переміщення повітря — мінімальна, а створений тиск повітря — максимальний. Використовуючи таку конструкцію клапану під час технологічного процесу пакування можна отримати комірку з більшим тиском. Це дасть змогу забезпечити більший захист продукту від динамічних навантажень.

Запропонована методика дослідження процесу формоутворення повітряної захисної упаковки за допомогою зворотних клапанів дає змогу визначити максимальне навантаження та підібрати вид пакувального матеріалу, знайти оптимальні режими роботи пристроїв для виготовлення упаковки, раціональні конструкцію та геометричні параметри зворотних клапанів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bubble film& Bags. Access mode: https://www.packagingknowledge.com/bubble_film_bags.asp.
2. ПОВІТРЯНО-ПУХИРЧАТА ПЛІВКА. — Режим доступу: <https://www.upakovka.com.ua/ukr/item/vpp/s70>.

3. Karnopp, D. C., Margolis, D. L., Rosenberg, R. C. *System Dynamics, Modeling and Simulation of Dynamic Systems*, third ed. Wiley Interscience, 2000.
4. Air Cushion Machine Blower. Access mode: <https://www.wonsmartblower.com/industrial-air-blower/air-cushion-machine-blower/>.
5. How To Use Air Cushion Machines? Access mode: <https://www.dsbnet.com/news/how-to-use-air-cushion-machines-44343412.html>.
6. LA-E4C Air Cushioning Machine. Access mode: <https://www.lockedair.com/products/la-e4c-air-cushion-machine.html>.
7. **【COSMO】** Air Column Bag Making Machine: SSCR-50-L1+BUB. Access mode: https://www.cosmo886.com.tw/en/products_i_Fully_Automatic_High_Speed_Single_Line_Air_Column_Bag_Making_Machine_SSCR-50-L1-BUB.html.