

Пакування з прямокутним дном для рідкої продукції (обґрунтування раціонального використання комбінованого картону)

І.І. Регей, д.т.н., П.І. Бегень, к.т.н., Українська академія друкарства, м. Львів,
О.І. Млинко, Національний університет «Львівська політехніка»



Для пакування різноманітної рідкої продукції широко використовують комбіновані матеріали на основі картону. Ефект від його продукування полягає не тільки в збереженні позитивних якостей кожного окремого матеріалу, але й у формуванні нових властивостей, важливих для зберігання, транспортування, реалізації та споживання запакованої рідкої продукції. Тара, виготовлена з комбінованих матеріалів на основі картону, завдяки комплексу переваг над іншими видами, знайшла широке застосування на підприємствах молочної промисловості для реалізації на ринку молока, кефіру, йогурту тощо. У загальному світовому обсязі серед ТОП-10 видів картонне пакування для рідин демонструє високі темпи росту [1].

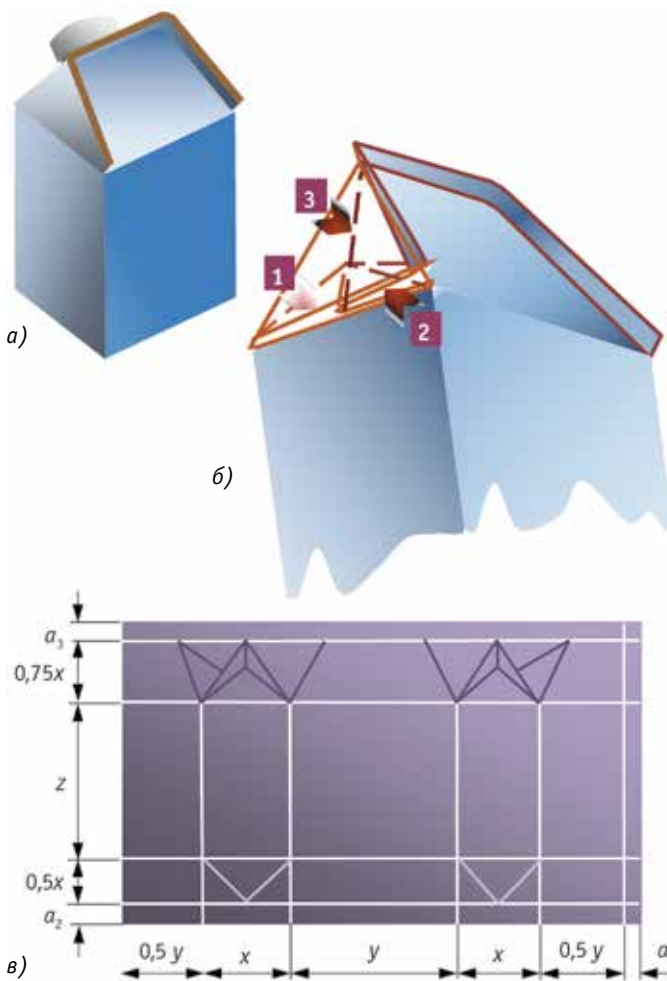


Рис. 1. Пакування для рідкої молочної продукції з прямокутним дном: зовнішній вигляд (а); схема формування горловини (ліва сторона) (б); схема розгортки (в)

Широкий попит на комбіновані матеріали на основі картону зобов'язує виробників тари вкрай економно їх витратити на продукування засобів пакування. Оскільки форма та розміри «народжуються» на стадії проектування нового пакування, то важливо спочатку обґрунтовувати раціональні співвідношення його геометричних параметрів, оскільки за інших рівних умов більш економною є тара з мінімальним співвідношенням площі матеріалу до її корисного об'єму [2].

У праці [3] виявлено особливості конструкції картонного пакування для рідких молочних продуктів, дослідженням математичних залежностей встановлено, що економне витрачання комбінованого пакувального матеріалу для продукування тари різної об'ємної місткості можна забезпечувати (окрім обґрунтування висоти корпусу) правильним співвідношенням розмірів дна. У статті виокремлено важливу практичну сторону дослідження: на конкретних прикладах оцінено перевитрату пакувального матеріалу, затраченого на виготовлення тари різного об'єму, що присутня в торговельній мережі.

Аналіз ринку тари з комбінованих матеріалів на основі картону виявив, що рідка молочна продукція представлена також пакуванням із прямокутним дном (рис. 1а). Відрізняє таку тару конструкція горловини, кожен зі скошених боків якої формують зовнішніми 1, 2 (рис. 1б) та внутрішніми 3 згинами. Як видно з рис. 1в, параметри x , y та z визначають, відповідно, ширину, довжину та висоту корпусу пакування, а a_1 , a_2 та a_3 – припуски матеріалу для формування об'ємної конструкції внаслідок створення поздовжнього і поперечних швів.

Для обґрунтування раціональних співвідношень геометричних параметрів пакування виразимо його внутрішній об'єм:

$$V = V_1 + V_2 - 2V_3, \quad (1)$$

де V_1 – об'єм прямокутного корпусу у вигляді паралелепіпеда з прямокутним дном; V_2 – об'єм горловини у ви-

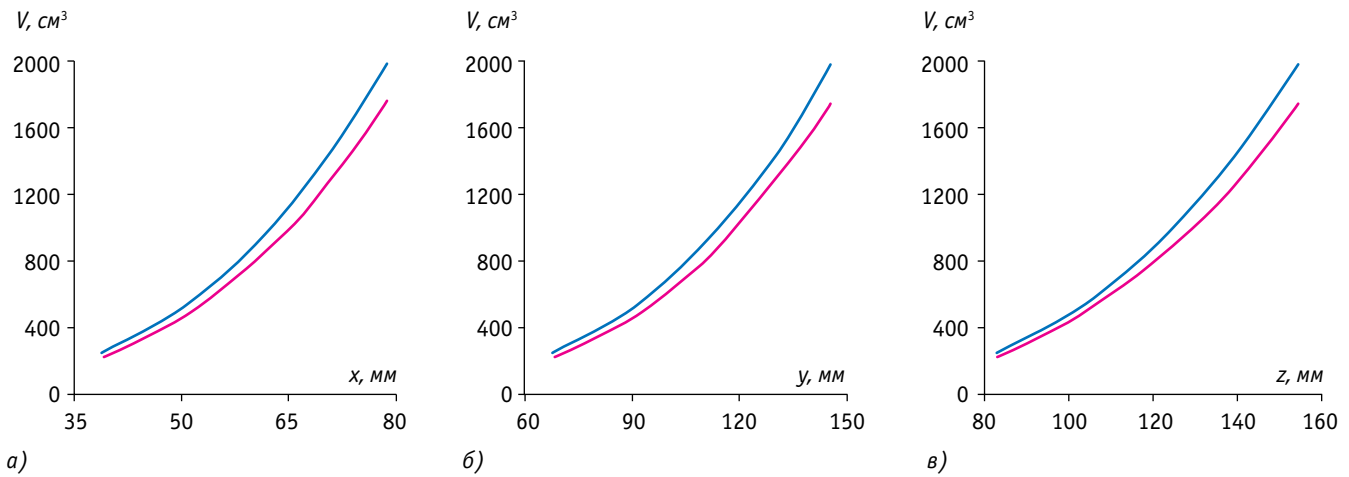


Рис. 2. Залежність загального (—) та корисного (—) об'єму пакування від його раціональних розмірів: ширини (а); довжини (б) та висоти (в) корпусу

гляді розташованої над корпусом прямокутної призми з трикутною основою; V_3 — об'єм уявної піраміди, відсіченої від боку горловини внаслідок її формування уздовж згинів 1, 2 та 3 (рис. 1б).

Підставляючи значення розмірів елементів пакування у вираз (1), отримуємо:

$$V = x \cdot y \cdot z + 0,2329x^2 \cdot y. \quad (2)$$

Виразимо площу пакувального матеріалу, витраченого на виготовлення тари для пакування рідкої продукції, припустивши, що $a_1 = a_2 = a_3 = a$:

$$S = (2x + 2y + a)(1,25x + z + 2a) = 2,5x^2 + 2,5x \cdot y + 2x \cdot z + 2y \cdot z + 5,25a \cdot x + 4a \cdot y + a \cdot z + 2a^2. \quad (3)$$

З урахуванням того, що $z = \frac{V}{x \cdot y} - 0,2329x$, вираз (3) набуває вигляду:

$$S = 2,0342x^2 + \frac{a \cdot V}{x \cdot y} + \frac{2V}{x} + \frac{2V}{y} + 2,0342x \cdot y + 5,0171a \cdot x + 4a \cdot y + 2a^2. \quad (4)$$

Частинні похідні виразу (4), прирівняні до нуля, уможливають знаходження раціональних значень ширини та довжини корпусу пакування:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial x} = 4,0684x + 2,0342y + 5,0171a - \frac{V}{x^2} \left(2 + \frac{a}{y} \right) = 0, \\ \frac{\partial S}{\partial y} = 2,0342x + 4a - \frac{V}{y^2} \left(2 + \frac{a}{x} \right) = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Розв'язуванням системи рівнянь (5) отримано значення, які графічно відображають залежність корисного та загального (включає ще й об'єм незаповненою рідкою продукцією горловини) об'ємів пакування від раціональних значень ширини (рис. 2а) та довжини (рис. 2б) корпусу. На рис. 2в зображено залежність згаданих об'ємів від його висоти.

Як видно із залежностей, фіксованим значенням об'єму пакування відповідають конкретні раціональні значення

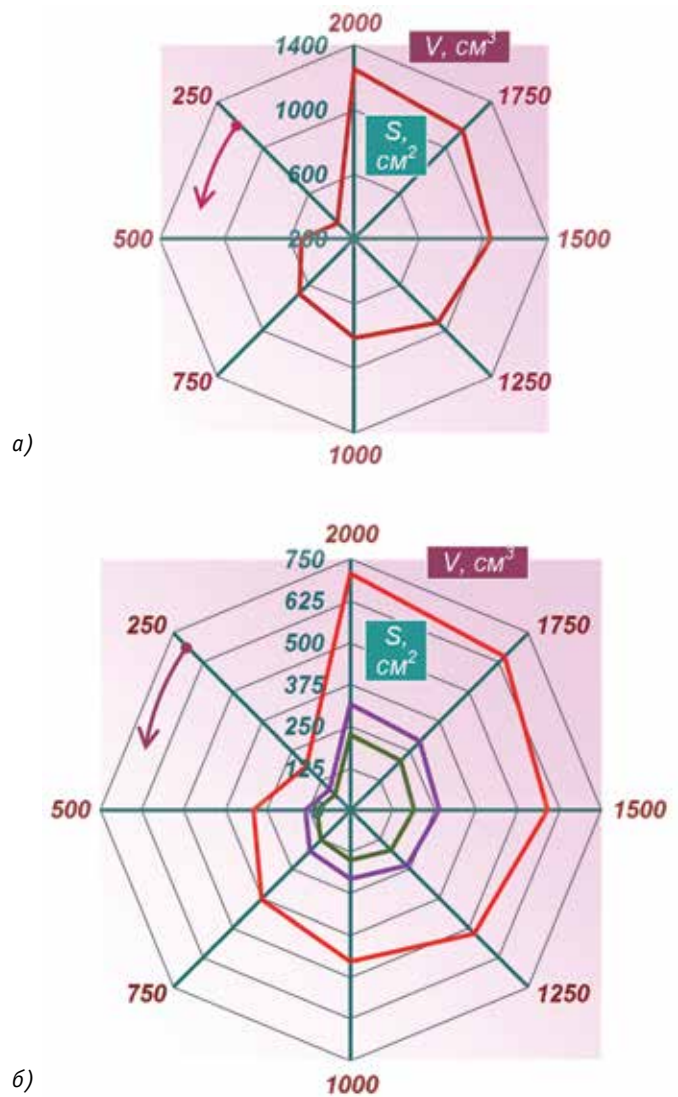


Рис. 3. Залежність від об'єму пакування мінімальної площі карто- ну, необхідного для виготовлення пакування (а) та складових частин (б): корпусу (—), горловини (—) та дна (—)

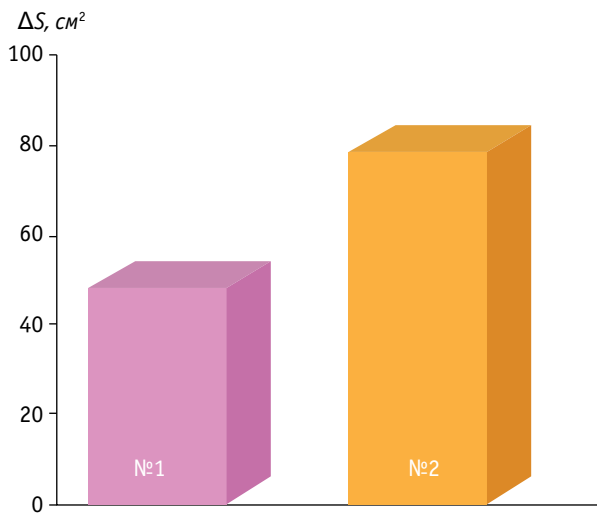


Рис. 4. Перевитрата комбінованого картону

його габаритних параметрів. Так, для тари корисного об'єму $V = 1000 \text{ см}^3$ раціональні значення корпусу становлять: $x = 62,4 \text{ мм}$; $y = 113,7 \text{ мм}$; $z = 125,1 \text{ мм}$. Відхилення від наведених значень параметрів ширини, довжини та висоти призводить до перевитрати пакувального матеріалу, що варто враховувати в конструюванні такої тари.

Складовими пакування для рідкої молочної продукції, окрім корпусу, є дно та горловина. Для оцінки витрати комбінованого картону на виготовлення складових виведено математичні залежності, наведені в таблиці.

Таблиця. Залежності для визначення площі складових пакування	
Складові пакування	Математичні вирази
Корпус	$S_k = (2x+2y+a)z$
Дно	$S_d = x(x+y) + a(2,5x + 2y + a)$
Горловина	$S_g = 1,5x(x+y) + a(2,75x + 2y + a)$

Дослідженням встановлено, що для виготовлення тари корисного об'єму $V = 250 \text{ см}^3$ можна витратити (за умови вибору раціональних його параметрів) мінімальну площу $S = 343,2 \text{ см}^2$ комбінованого картону (рис. 3а), а для тари з $V = 2000 \text{ см}^3 - 1252,5 \text{ см}^2$. Більше половини пакувального матеріалу припадає на корпус пакування (55–57 %) (рис. 3б), менше – на горловину (25–26 %) та дно (18–19 %). Отримані результати уможливають не тільки розроблення нового ефективного пакування для рідкої продукції, але й дають можливість аналізувати витрати пакувального матеріалу на аналогічну тару, яку використовують у торговельній мережі. Встановлено, що перевитрата комбінованого картону у разі виготовлення тари місткістю $V = 441 \text{ см}^3$ становить 48 см^2 (стовпчик № 1 на рис. 4), а

тари місткістю $V = 903 \text{ см}^3 - 78,7 \text{ см}^2$ (стовпчик № 2 на рис. 4). Оскільки такі засоби пакування продукують значними обсягами, перевитрата пакувального матеріалу очевидна.

Висновки

Пакування з комбінованих матеріалів на основі картону демонструє високі темпи росту, його широко використовують на підприємствах молочної промисловості для реалізації на ринку різноманітної продукції в пакуванні з прямокутним дном. Попит на його виготовлення вимагає економного витрачання комбінованого пакувального матеріалу для продукування тари різної об'ємної місткості. Дослідженням математичних моделей отримано значення, які відображають залежність об'єму пакування від раціональних значень ширини, довжини та висоти його корпусу. Результати уможливають розроблення нового ефективного пакування для рідкої продукції та (за потреби) корегування конструкції використовуваного в торговельній мережі.

Література

1. Маркетологи информируют... // Упаковка. – 2016. – № 5. – С. 23–27.
2. Шредер В.Л., Пилипенко С.Ф. Упаковка из картона. – К.: ИАЦ «Упаковка», 2004. – 560 с.
3. Млинко О.І. Картонне пакування для рідкої продукції (обґрунтування раціонального використання пакувального матеріалу) // Упаковка. – 2016. – № 4. – С. 25–27. ✓

Упаковка с прямоугольным дном для жидкой продукции (обоснование рационального использования комбинированного картона)

И.И. Регей, д.т.н., П.И. Бегень, к.т.н., О.И. Млынко

В статье отмечено, что тару из комбинированного картона широко используют предприятия молочной промышленности для реализации на рынке молока, кефира, йогурта. Растущий спрос на комбинированные материалы на основе картона обязует производителей тары экономно их использовать при производстве средств упаковки. Подчеркнуто, что следует еще на стадии проектирования такой упаковки обосновывать рациональные соотношения ее геометрических параметров. Выведены математические зависимости, учитывающие внутренний объем тары, площадь использованного упаковочного материала. Применением метода исследования математической функции получено рациональные значения ширины, длины и высоты корпуса для различной емкости упаковок.

Ключевые слова: картонная упаковка; площадь развертки; объем; рациональные геометрические параметры; перерасход материала.

Packages comprising rectangular bottom for liquid products (justification of rational use of combined cardboard)

I.I. Regey, Dr., P.I. Begey, Ph.D., O.I. Mlynko

There are stated in the article that the packaging of the combined board is widely used by enterprises of the dairy industry for placing on the market of milk, kefir, yogurt and more. The increasing demand for composite materials based on cardboard obliges producers of packing to spend frugally in the production of packaging means. There emphasized that it is appropriate to justify a rational ratio of packaging geometrical parameters at the design stage. Mathematical formulas are derived, taking into account the internal volume of the packing, an area of spent packaging material. Application of the method of research mathematical function obtained a rational width, length and height of the housing for different size packing.

Keywords: cardboard packing; one-up area; volume; rational geometric parameters; material overrun.