

Оцінка ефективності використання пакувальних матеріалів (на прикладі виробництва споживчого картонного пакування)

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

Розвиток упаковки в Україні для харчових продуктів та напоїв протягом останніх років відповідає світовим тенденціям. У впевненому розвитку упаковки з картону та гофрокартону експерти пакування з різних країн світу визначили напрямок мінімізації у використанні матеріалів, енергоресурсів для виготовлення упаковки на одиницю пакованої продукції як найважливіший [1].

Сьогодні завдання мінімізації використання картону вирішують комплексно на різних етапах продукування засобів пакування: від проектування розгортки до пакування сфальцьованих і склеєних пачок та коробок у транспортну тару. За інших рівних умов більш економічним є пакування з найменшою витратою картону [2]:

$$\frac{S_m}{V_n} \Rightarrow \min,$$

де S_m — площа матеріалу;
 V_n — корисний об'єм засобу пакування.
 Для пакування різноманітної продукції вітчизняний ринок пропонує картонну тару різних типів. Її конструкцію постійно удосконалюють для задоволення потреб споживачів, які невинно зростають. Проте сьогодні вже на стадії проектування картонного пакування вкрай важливо встановлювати раціональні співвідношення його геометричних параметрів для створення умов мінімальних витрат пакувальних матеріалів. Завданням даного дослідження було розроблення універсальної методики проектування раціонального картонного пакування призматичної форми з різною конструкцією дна і кришки для пакування сипкої продукції, що забезпечує результативну економію пакувального матеріалу.

Послідовність оптимізації геометричних параметрів — ширини (x), довжини (y), висоти (z), розмірів (x_i) складових елементів — картонних пачок призматичної форми з різною кон-

струкцією елементів дна та кришки полягає у:

- вираженні їхнього об'єму через габаритні параметри:

$$V = x \cdot y \cdot z; \quad (1)$$

- математичному обґрунтуванні загальної площі пакувального матеріалу, необхідного для виготовлення розгортки:

$$S = S_1 + n_2 \cdot S_2 + \dots + n_n \cdot S_n, \quad (2)$$

де $S_1 = f_1(x, y, z)$ — площа корпусу пачки;

$S_2 = f_2(x, y) \dots S_n = f_n(x, y)$ — площі складових елементів пачки (тут $f_1, f_2 \dots f_n$ — вирази для їхнього розрахунку);

$n_2 \dots n_n$ — кількість однотипних елементів розгортки;

- знаходженні часткових похідних, привієняних до нуля:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial x} = f_{11}(x, y, z) + n_2 \cdot f_{21}(x, y) + \dots + n_n \cdot f_{n1}(x, y) = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial y} = f_{12}(x, y, z) + n_2 \cdot f_{22}(x, y) + \dots + n_n \cdot f_{n2}(x, y) = 0; \end{cases} \quad (3)$$

- розв'язуванні системи рівнянь (3), знаходженні оптимальних геометричних параметрів картонних пачок і складових елементів:

$$x = a_1 \sqrt[3]{V}; \quad y = a_2 \sqrt[3]{V}; \quad z = a_3 \sqrt[3]{V};$$

$$x = a_{11} \cdot a_1 \sqrt[3]{V} \dots x_n = a_{1n} \cdot a_1 \sqrt[3]{V};$$

де a_1, a_2, a_3 — коефіцієнти, отримані за результатами розв'язування системи рівнянь (3);

$a_{11} \dots a_{1n}$ — задані коефіцієнти, що виражають геометричні співвідношення складових елементів розгортки.

Аналізом широкого діапазону типів картонних пачок уніфіковано за конструкцією та функціональним призначенням їхні складові елементи. Виокремлено корпус пачок, вставні та приклеювальні клапани, різні за формою бічні клапани, деталі грейферного з'єднання та самоскладаного дна.

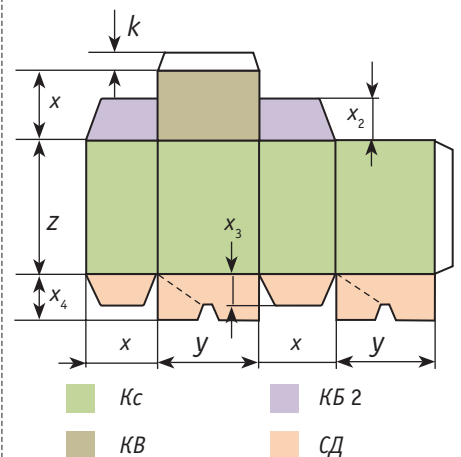
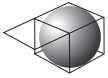


Рис. 1. Схема розгортки картонної пачки, конструкція якої отримана набором уніфікованих елементів



Рис. 2. Картонна пачка із самоскладаним дном і триклапанною кришкою



У табл. 1 наведено позначення, назви та схеми складових елементів розгортки картонних пачок, позначення їхніх геометричних параметрів і розрахункові залежності для визначення їхньої площі.

За наведеними уніфікованими складовими елементами картонних пачок зручно аналітично обґрунтувати їхню конфігурацію. Наприклад, варіант П2 = Кс + [(КВ + 2КБ 2) / СД] передбачає конструкцію пачки, що

складається з корпусу (перший доданок), самоскладаного дна (знаменник другого доданка) та кришки, що містить вставний клапан і два бічних трапецієвидних клапани (чисельник другого доданка). Схема розгортки такої пачки зображена на рис. 1.

Для вирішення завдання встановлення оптимальних геометричних параметрів спроектованої пачки спочатку виразимо її внутрішній об'єм:

$$V = x \cdot y \cdot z.$$

Площа пакувального матеріалу, необхідна для виготовлення її розгортки:

$$S = 2(x + y)z + (x \cdot y) + x(x + k) + x(x + 1,5y). \quad (4)$$

Після перетворень останній вираз прийме вигляд:

$$S = 2(x \cdot z) + 2(y \cdot z) + 2,2x^2 + 2,5(x \cdot y). \quad (5)$$

Знаходимо часткові похідні виразу (5) і прирівнюємо їх до нуля:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial x} = -\frac{2V}{x^2} + 4,4x + 2,5y = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial y} = -\frac{2V}{y^2} + 2,5x = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Розв'язуванням системи рівнянь (6) отримуємо оптимальні значення геометричних параметрів пачки, виражені через її внутрішній об'єм:

$$x = 0,6\sqrt[3]{V}; y = 1,15\sqrt[3]{V}; z = 1,45\sqrt[3]{V}.$$

За виразом (5) знаходимо мінімальну площу матеріалу, необхідну для виготовлення пачки із внутрішнім корисним об'ємом V :

$$S_{min} = 7,59V^{2/3}.$$

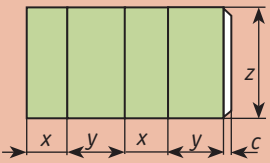
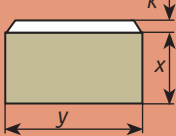

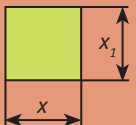
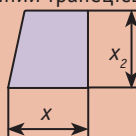
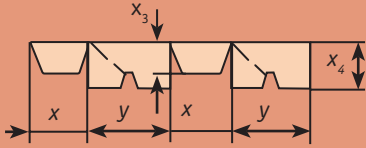
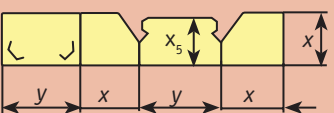
Для оцінки ефективності використання пакувального матеріалу, витраченого для виготовлення пачок аналогічної конструкції (існуючих на ринку засобів пакування) можна скористатися виразом:

$$\Delta S = S_0 - S_{min} = 2h(b + l) + b(2,2b + 2,5l) - 7,59(b \cdot l \cdot h)^{2/3}, \quad (7)$$

де S_0 — дійсна площа пачки; l , b , і h — відповідно довжина, ширина і висота пачки.

Практичне використання наведеної методики спрямоване на реалізацію проектування картонних засобів пакування з економними витратами матеріалів на основі картону, оперативного оцінювання його витрат на виготовлення споживчого пакування, що широко продукується підприємствами для пакування різноманітної продукції, для реагування з метою внесення змін у конструкцію розгортки. Як приклад, аналізом геометричних параметрів картонної пачки із самоскладаним дном і триклапанною кришкою (рис. 2), призначеної для пакування меленої сипкої продукції, виявлено вдаль їхнє співвідношення, що забезпечує перевитрату всього 1,5 % картону від можливих мінімальних витрат пакувального матеріалу. Конструкції розгортки деяких нестандартних пачок, спроектованих з уніфікованих елементів, наведені у табл. 2. У колонці «Позначення пачки»

Таблиця 1. Уніфіковані складові елементи розгортки картонних пачок

Позначення елемента	Назва та схема елемента розгортки	Позначення геометричних параметрів	Корисна площа елемента розгортки
Кс	Корпус пачки 	x — ширина, y — довжина, z — висота пачки, c — ширина клейового клапана	$S_1 = 2(x + y)z$
КВ	Клапан вставний 	k — розмір фіксувального елемента	$S_{21} = x \cdot y$
КП	Клапан приклеювальний 		$S_{22} = x \cdot y$
КБ 1	Клапан бічний прямокутний 	x_1 — висота клапана	$S_{31} = m_1 \cdot x_2$, де $m_1 = x_1 / x$
КБ 2	Клапан бічний трапецієвидний 	$x_2 = 0,5(x + k)$	$S_{32} = 0,5x(x \cdot k)$
СД	Деталі самоскладаного дна 	$x_3 = 0,5x$; $x_4 = 0,75x$	$S_4 = x(x + 1,5y)$
ГЗ	Деталі грейферного з'єднання 	$x_5 = 0,8x$	$S_5 = 2x(x + 0,9y)$

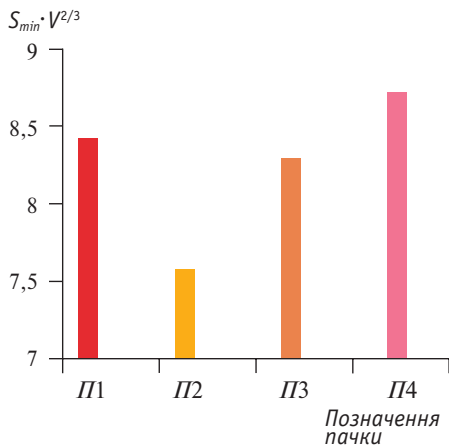


Рис. 3. Оптимізовані витрати пакувального матеріалу на виготовлення картонних пачок різної конструкції

подано позначення у вигляді дробу (у чисельнику — пропонуване авторами, у знаменнику — тип і номер пачки згідно з європейською системою FEFCO-ASSCO [3]). Колонка «Складові елементи» містить позначення уніфікованих частин, їхню кількість і розташування відносно корпусу пачки. Результати оптимізації геометричних параметрів пачок П1–П4 зображені у вигляді стовпчикової діаграми на рис. 3. Як видно з діаграми, оптимізовані витрати пакувального матеріалу мінімальні ($7,59V^{2/3}$) у разі виготовлення пачок П2, а максимальні ($8,69V^{2/3}$) — у разі виготовлення пачок П4.

Висновки

Мінімізація використаних матеріалів, енергоресурсів для виготовлення упаковки на одиницю пакованої продукції визнана експертами пакування з різних країн як найважливіший напрям розвитку упаковки. Реалізувати результати мінімізації важливо вже на стадії проектування картонного пакування шляхом встановлення раціональних співвідношень геометричних параметрів. Розроблення універсальної методики проектування картонного пакування призматичної форми з різною конструкцією дна і кришки для пакування сипкої продукції, що забезпечує результативну економію пакувального матеріалу, доповнено уніфікацією широко використовуваних складових елементів розгортки. На конкретному

Таблиця 2.
Картонні пачки, спроектовані з уніфікованих елементів

Позначення пачки	Складові елементи	Схема розгортки
П1/С04	Кс + (ГЗ / СД)	
П2/С05	Кс + [(КВ + 2КБ 2) / СД]	
П3/А03	Кс + [(КВ + 2КБ 2) / (2КП + 2КБ 1)]	
П4/А59	Кс + [ГЗ / (КВ + 2КБ 2)]	

прикладі картонної пачки, призначеної для пакування сипкої продукції, оцінено ефективність використання пакувального матеріалу. За результатами дослідження наведені оптимізовані витрати пакувального матеріалу на виготовлення картонних пачок різної конструкції.

Література

1. Кривошея В.М. Сьогодення та майбутнє упаковки в Україні (стан та шляхи вдосконалення) // Упаковка. — 2006. — № 1. — С. 22–26.

2. Регей І.І. Складові технологічно-технічної безпеки виробництва паперово-картонної тари / Б.В. Дурняк, І.І. Регей, О.І. Млинко: Матеріали V науково-практичної конференції «Пакувальна індустрія (стан та перспективи для харчових продуктів)» (1–2 червня 2011 р., м. Алушта, Україна). — Додаток до часопису «Упаковка». — К.: ІАЦ «Упаковка», 2011. — № 3. — С. 83–90.

3. Шредер В.Л., Пилипенко С.Ф. Упаковка из картона. — К.: ІАЦ «Упаковка», 2004. — 560 с. *У*

Оценка эффективности использования упаковочных материалов (на примере производства потребительской картонной упаковки)

И.И. Регей, д.т.н., О.И. Млынко

В статье сделан упор на важность установления рациональных соотношений геометрических параметров картонных упаковок для обеспечения минимальных расходов упаковочных материалов, приведена методика оптимизации геометрических параметров картонных пачек призматической формы с различной конструкцией элементов дна и крышки. На основе анализа широкого диапазона типов картонных пачек авторами унифицированы их составные элементы по конструкции и функциональным признакам. Приведены оптимизированные расходы упаковочного материала на изготовление картонных пачек различной конструкции.

Ключевые слова: картонная упаковка; упаковочные материалы; корпус, дно, крышка пачки; оптимизация; унификация.

Estimation of effective use of packaging materials (e.g. consumer cardboard packaging production)

I.I.Regey, Dr., O.I.Mlynko

The importance of rational balance setting of cardboard packaging geometric parameters to ensure minimal consumption of packaging materials has been enhanced in this article. The methodology to optimize geometric parameters of prism shaped cardboard boxes elements with different design of bottom and cover elements have been offered. When analyzing a wide range of cardboard boxes it was offered a standard classification of their components by the design and functionality. The optimized consumption of packaging material in the course of cardboard boxes production has been offered.

Key words: cardboard packaging; packaging materials; case, bottom, box cover; optimization; standardization.