У фотовивідному пристрої "Фаянс" для усунення можливого впливу неточності виготовлення гвинтової пари та зазорів у ній запропоновано принцип переміщення циліндра з фотоплівкою через каретку за допомогою пружного її зв'язку з гайкою від приводного гвинта, а в пристрої "Факел" – за допомогою гвинтової кулькової пари. Результати тестових записів растрових ліній на фотоплівку та заміри їх кроку з пружним з'єднанням гайки з кареткою є доказом підвищення точності кроку між растровими лініями, відхилення якого становить 0,005 мм.

Одним із ефективних засобів виключення впливу неточності виготовлення вузлів, зазорів і т.п. механічної частини кадрової розгортки на точність запису зображень є розроблення та впровадження у фотовивідних пристроях автоматичної системи корекції лінійного переміщення циліндра з формним матеріалом або каретки з лазерно-оптичною системою. Ця система за допомогою давача повинна відслідковувати їх положення в кожний момент часу. За умови відхилення вона його коректує, що дозволить здійснювати запис растрових елементів зі сталим кроком і зменшить спотворення зображення.

УДК 686.12

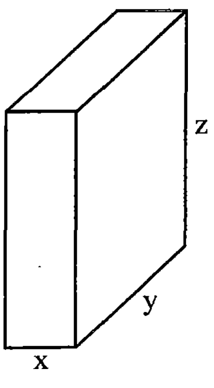
Я.Ю. Коляно, Н.В. Ковалик, О.Б. Яремчишин, Р.С. Маца, І.І. Ілик

ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАКОВАННЯ

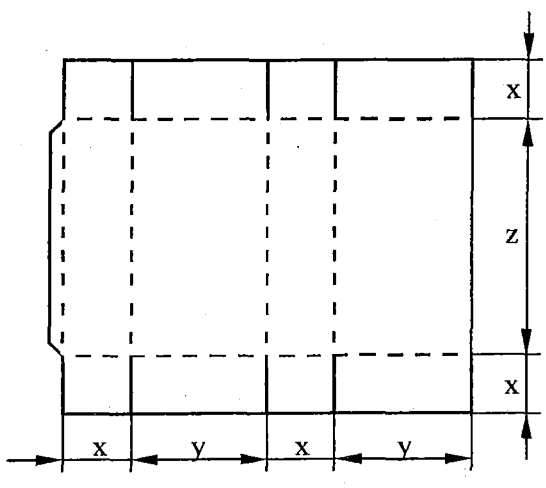
Пропонується методика оптимізації конструкції паковання канонічної форми, яка може бути використана для дослідження паковання складної форми. Розглядається варіант оптимізації паковання з урахуванням товщини пакувального матеріалу.

Предлагается методика оптимизации конструкции упаковок канонической формы, которая может быть использована для исследования упаковок сложной формы. Рассматривается вариант оптимизации упаковки с учётом толщины упаковочного материала.

1. Серед різноманітних конструкцій прямокутних картонних пачок важливе місце займає чотириклапанне паковання (рис.1). Оскільки місткість пачок визначається добутком їх ширини x, довжини y та висоти z, то проектувальники картонного паковання закладають у конструкцію довільні співвідношення габаритних розмірів у межах необхідного об'єму. Такий підхід до розроблення конструкції розгортки може призвести до значних перевитрат картонного матеріалу.



а



б

Рис.1. Схема складеної чотириклапанної пачки (а) та її розгортка (б) (——— – лінія контуру розгортки; — — – – лінія бігування)

Для оптимізації співвідношень габаритних розмірів чотириклапанної пачки (без врахування матеріалу на з'єднувальний клапан) (рис.1б) з метою мінімізації витрат картону на її виготовлення дослідимо на екстремум систему рівнянь

$$S(x,y,z)=(2x+2y)(2x+z), \tag{1}$$

$$V(x,y,z)=xyz, \tag{2}$$

де x, y, z – невідомі габаритні розміри складеної пачки; V – об'єм пачки; S – площа розгортки пачки. Оскільки об'єм V наперед відомий, то після підстановки $y=\frac{V}{xz}$ з рівняння (2) у рівняння (1) досліджуємо на екстремум [3] функцію

$$S(x,z)=2\left(x+\frac{V}{xz}\right)(2x+z)=2\left(2x^2+2\frac{V}{z}+xz+\frac{V}{x}\right).$$

$$\begin{cases}\dfrac{\partial S}{\partial x}=2\left(4x+z-\dfrac{V}{x^2}\right)=0,\\[2mm] \dfrac{\partial S}{\partial z}=2\left(x-\dfrac{2V}{z^2}\right)=0;\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}4x+z-\dfrac{V}{x^2}=0,\\[2mm] x-\dfrac{2V}{z^2}=0.\end{cases} \tag{3}$$

Розв'язком системи (3) буде значення $z=2V^{\frac{1}{3}}$ з урахуванням замін $x=0{,}5V^{\frac{1}{3}}$, $y=V^{\frac{1}{3}}$. Площа розгортки для знайдених габаритних значень x, y, z буде мінімальною і, згідно з формулою (1), рівною $S=9V^{\frac{2}{3}}$ одиниць площі. Співвідношення між мінімальними габаритними розмірами $x : y : z$ становить 1 : 2 : 4. Підтвердженням достовірності отриманих результатів є графік зміни площі розгортки чотириклапанної пачки залежно від її ширини (рис.2а). З нього видно, що мінімальною площа розгортки є за умови, коли $x=0{,}5V^{\frac{1}{3}}$ одиниць довжини. Більші або менші значення x призводять до збільшення площі розгортки.

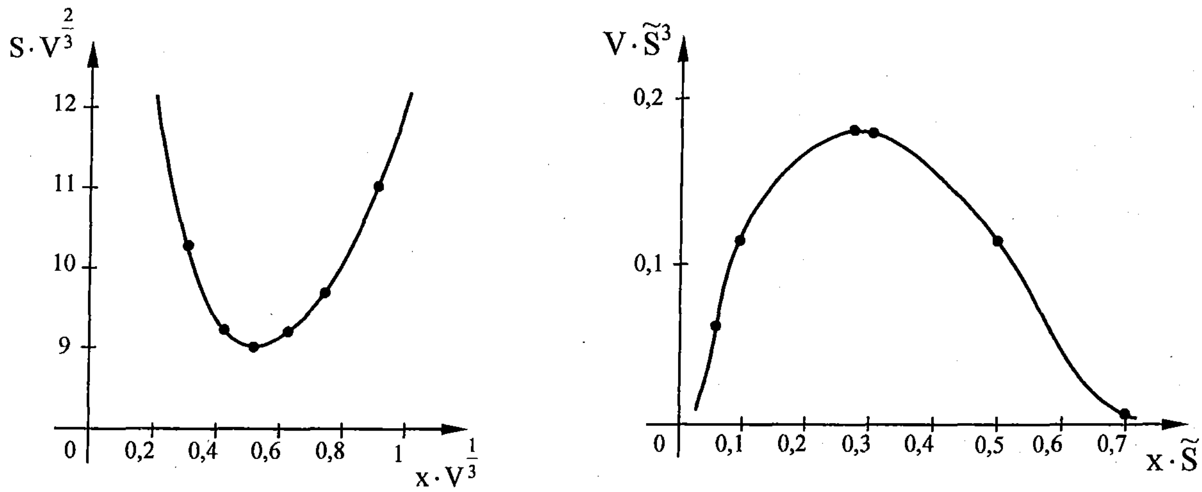
Дослідження геометричних розмірів пакування для сипких харчових продуктів підтвердили припущення про наявність довільних співвідношень їх габаритних розмірів. Розрахунки показали, що площі розгорток пачок для солі та меленої кави майже на 10%, а вермішелі та харчової соди, відповідно, на 16 і 19% більші за оптимальні [1]. При масовому випуску такого пакування мають місце значні перевитрати картонного матеріалу.

2. Нехай задано аркуш картону прямокутної форми. З нього потрібно виготовити прямокутну чотириклапанну пачку з максимальним вмістом (рис.1). У цьому випадку необхідно досліджувати задачу на умовний екстремум для системи рівнянь (1), (2) з наперед відомою площею S та додатковою умовою $\frac{b}{a}=\frac{2(x+y)}{2x+z}=c$, де b, a – відповідно, довжина і ширина розгортки; c – їх відношення. Після підстановки $z=\frac{2}{c}\left[y-(c-1)x\right]$ у рівняння (1) знаходимо, що $y=\frac{\sqrt{Sc}}{2}-x$. Підставляючи ці z і y в рівняння (2), досліджуємо на екстремум функцію $V(x)=\frac{2x}{c}\left(\widetilde{S}-x\right)\left(\widetilde{S}-cx\right)$, де $\widetilde{S}=\frac{\sqrt{Sc}}{2}$. У результаті отримуємо, що для

$$x_{max}=\frac{c+1-\sqrt{c^2-c+1}}{3c}\widetilde{S},\quad y_{max}=\widetilde{S}-x_{max},\qquad z_{max}=\frac{2}{c}\left[y_{max}-(c-1)x_{max}\right] \tag{4}$$

об'єм пачки буде максимальним.

Як приклад, візьмемо аркуш формату А4 (29,7х21см). Тоді $c=\frac{b}{a}=\frac{29,7}{21}=1,414$, $S=ab=623,7\,см^2$, $\widetilde{S}=14,848\,см$, $x_{max}=0,272\widetilde{S}=4,04\,см$, $y_{max}=0,728\widetilde{S}=10,8\,см$, $z_{max}=0,87\widetilde{S}=12,91\,см$, $V_{max}=0{,}172274\widetilde{S}^3=563{,}3\,см^3$. Підтвердженням достовірності отриманих результатів є графік зміни об'єму прямокутної чотириклапанної пачки залежно від її ширини x (рис.2б). З нього видно, що максимальним об'єм пачки є за умови, коли $x=0,272\widetilde{S}=4,04\,см$. Більші або менші значення призводять до зменшення об'єму пачки.

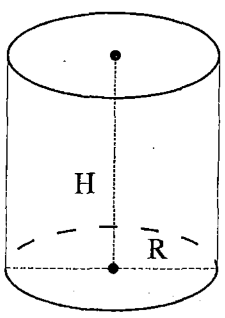


а б

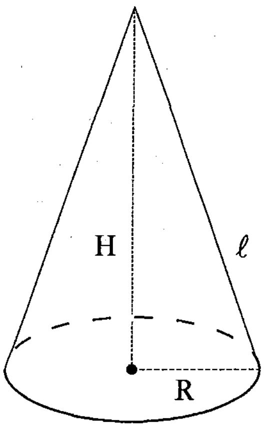
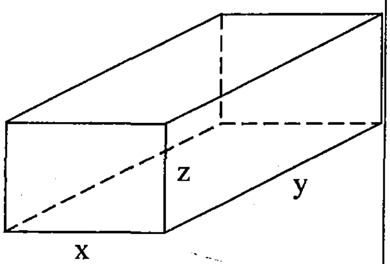
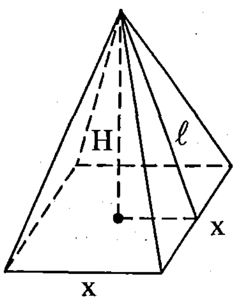
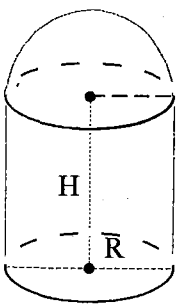
Рис.2. Залежність площі (а) розгортки чотириклапанної пачки та її об'єму (б) від ширини пачки

3. У пакувальній промисловості використовують паковання (пачки, коробки, банки, пляшки та ін.) різних геометричних форм. Тому цю методику оптимізації конструкції паковання апробуємо на таких канонічних тілах, як циліндр, конус, паралелепіпед, піраміда, а також на складному тілі, що складається з циліндра та півсфери. Для цих тіл з метою мінімізації витрат матеріалу на їх виготовлення розглядаємо таку задачу: відомим є об'єм тіла V, потрібно знайти мінімальну для його виготовлення площу поверхні тіла S. У результаті отримані такі оптимальні габаритні (лінійні) розміри і співвідношення (див. таблицю):

Оптимальні габаритні розміри та співвідношення різних тіл

Циліндр	відкритий (без покривки)	закритий (з покривкою)
	$R=\sqrt[3]{\frac{V}{\pi}};\ H=\sqrt[3]{\frac{V}{\pi}}1$ R: H 1: 1	$R=\sqrt[3]{\frac{V}{2\pi}};\ H=2\sqrt[3]{\frac{V}{2\pi}}$ R: H 1: 2

Продовження таблиці

Конус 	відкритий (без дна) $R=\sqrt[3]{\frac{3V}{\sqrt{2}\pi}};\ H=\sqrt{2}\sqrt[3]{\frac{3V}{\sqrt{2}\pi}};$ $\ell=\sqrt{3}\sqrt[3]{\frac{3V}{\sqrt{2}\pi}}$ R: H: ℓ $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}$	закритий (з дном) $R=\sqrt[3]{\frac{3V}{2\sqrt{2}\pi}};\ H=2\sqrt{2}\sqrt[3]{\frac{3V}{2\sqrt{2}\pi}};$ $\ell=3\sqrt[3]{\frac{3V}{2\sqrt{2}\pi}}$ R: H: ℓ $1:2\sqrt{2}:3$
Прямокутний паралелепіпед 	відкритий (без покривки) $x=\sqrt[3]{2V};\ y=\sqrt[3]{2V};$ $z=\frac{1}{2}\sqrt[3]{2V}$ x: y: z 2: 2: 1	закритий (з покривкою) $x=\sqrt[3]{V};\ y=\sqrt[3]{V};$ $z=\sqrt[3]{V}$ x: y: z 1: 1: 1
Правильна піраміда 	закрита $x=\frac{\sqrt[3]{6V}}{\sqrt{2}};\ H=\sqrt[3]{6V};\ \ell=\frac{3}{2}\frac{\sqrt[3]{6V}}{\sqrt{2}}$ x: H: ℓ $1:\sqrt{2}:\frac{3}{2}$	
Циліндр з півсферою 	закритий $R=\sqrt[3]{\frac{3V}{5\pi}};\ H=\sqrt[3]{\frac{3V}{5\pi}}$ R: H 1: 1	

Практичну цінність використання цих співвідношень продемонструємо на наступному розрахунковому прикладі. Візьмемо циліндричну банку рибних консервів з такими розмірами: $R=49$*мм*, $H=47$*мм*. Об'єм цієї банки $V=\pi R^2H=354{,}5\,см^3$ при витраті матеріалу $S=2S_{осн}+S_б=2\pi R(R+H)=295{,}6\,см^2$ чи його маси $m_1=70{,}1г$ (якщо взяти промислову білу жерсть завтовшки *0,3мм* з густиною $\rho = 7,9\ г/см^3$). Цей же об'єм V можна отримати, використавши оптимальні співвідношення $H_{min} = 2R_{min}$; $R_{min} = \sqrt[3]{V/(2\pi)} = 3,835$ *см*. Для цих даних $S = 277,2 см^2$ або $m_2 = 65,7г$. Тому перевитрата матеріалу на кожній банці складає *4,4 г*, або приблизно 6%. Перевитрата з 1 млн. банок становить *4,4 т* дефіцитної білої жерсті. Оскільки тільки одна консервна промисловість випускає кілька мільярдів банок у рік [2], то в масштабі країни це питання заслуговує уваги.

4. Розглянемо задачу з врахуванням товщини стінок конструкції паковання: встановити зовнішні розміри відкритого (без покривки) ящика форми прямокутного паралелепіпеда із заданими об'ємом V і товщиною стінок h при мінімальній витраті матеріалу (рис.3).

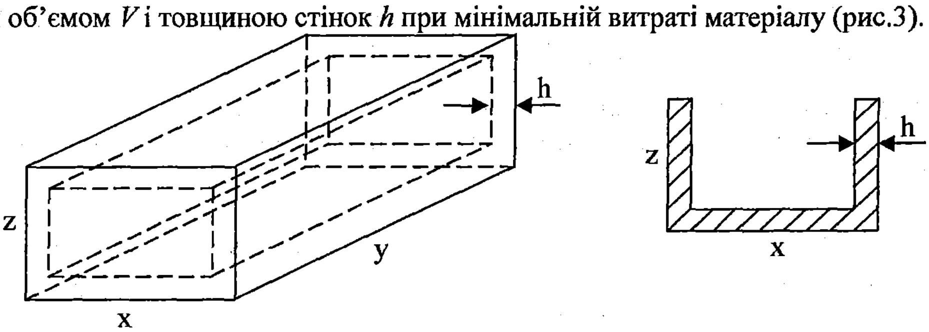


Рис.3. Схема до визначення оптимальних розмірів товстостінного ящика

Дослідимо на екстремум систему рівнянь:

$$S(x,y,z) = 2z(x+y) + xy; \tag{5}$$

$$V(x,y,z) = (x-2h)(y-2h)(z-h), \tag{6}$$

де x, y, z – невідомі зовнішні розміри; V – внутрішній об'єм; S – зовнішня площа поверхні паралелепіпеда. Оскільки об'єм V і товщина h наперед відомі, то після підстановки $z = \dfrac{V}{(x-2h)(y-2h)} + h$ у рівняння (5) досліджуємо на екстремум [3] функцію

$$S(x,y) = \frac{2V}{(x-2h)(y-2h)}(x+y) + 2h(x+y) + xy;$$

$$\begin{cases} \dfrac{\partial S}{\partial x} = -\dfrac{2V(y+2h)}{(x-2h)^2(y-2h)} + y + 2h = 0, \\ \dfrac{\partial S}{\partial y} = -\dfrac{2V(x+2h)}{(x-2h)(y-2h)^2} + x + 2h = 0; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (y-2h)(x-2h)^2 = 2V, \\ (x-2h)(y-2h)^2 = 2V; \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{matrix} x = y = \sqrt[3]{2V} + 2h; \\ z = \dfrac{1}{2}\sqrt[3]{2V} + h. \end{matrix} \Rightarrow \boxed{\begin{matrix} x:y:z \\ 2:2:1 \end{matrix}} \tag{7}$$

Зовнішня площа поверхні паралелепіпеда для знайдених x, y, z, згідно з розв'язком (7), буде мінімальною. Аналогічні розрахунки з урахуванням товщини стінок матеріалу проведені авторами для циліндра, конуса, зрізаного конуса, піраміди.

Отже, в усіх розглянутих задачах дослідження доведено до співвідношення габаритних (лінійних) розмірів. Це дає можливість на практиці оцінити ефективність пакування продукції. На конкретних прикладах доведено, що за рахунок надання пакованню раціональної (оптимальної) форми можна заощадити значну кількість пакувального матеріалу, що у масштабі країни створить вагомий резерв економії матеріальних і фінансових ресурсів. Корисним для практики проектування є розв'язок задачі на умовний екстремум (див. пункт 2), який дозволяє з аркуша прямокутного формату виготовити паковання максимального об'єму. Наведений алгоритм для проектування чотириклапанної пачки максимального об'єму з аркуша довільного прямокутного формату можна застосувати і для проектування паковання іншої форми. Розглянуто аналогічні задачі для дослідження канонічних тіл, в яких враховано ще й товщину стінок матеріалу. Причому, за потребою, можна розглядати і тіла складної форми.

1. Коляно Я.Ю., Регей І.І. Оптимізація конструкції картонних розгорток // Упаковка. 1999. № 2 (11). С. 38. 2. Фильчаков П.Ф. Справочник по высшей математике. К., 1974. 3. Юрик І.І., Дубовик В.П. Вища математика: Навчальний посібник. К., 1993.

УДК 686. 12. 056

П.В. Топольницький, Ю. В. Ватуляк

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРІЗУВАННЯ КНИЖКОВИХ БЛОКІВ У МАШИНІ КАРУСЕЛЬНОГО ТИПУ

Наведено результати аналітичних досліджень геометричних параметрів нової конструкції різального інструмента, що забезпечує якісне обрізування книжкових блоків у машині карусельного типу.

Приведены результаты аналитических исследований геометрических параметров новой конструкции резального инструмента, который обеспечивает качественную обрезку книжных блоков в машине карусельного типа.

Зростання вимог до якості поліграфічної продукції й зниження енерго- та металомісткості устаткування є важливими чинниками пошуку радикально нових підходів до вирішення задач, котрі постають перед його розробниками. Зокрема, у галузі брошурувально-палітурного обладнання актуальним є розроблення нових способів безвистійного обрізування книжково-журнальної продукції та устаткування для їх реалізації. Однією з найважливіших проблем, з якими стикаються розробники, є забезпечення надійного та якісного дорізування останніх аркушів книжкових блоків. Розв'язується вона, як правило, шляхом оснащення устаткування для обрізування книжково-журнальних блоків додатковими пристроями [4].

При традиційному способі обрізування книжково-журнальних блоків ножем, який здійснює шаблевий рух [5, с. 14, 18 – 21], різальний інструмент, розрізаючи матеріал, врізається у марзан, що забезпечує надійне дорізування нижніх аркушів. Безмарзанний (ножичний) спосіб обрізування передбачає наявність рухомого ножа, крайка леза якого при різанні контактує з крайкою леза нерухомого контрножа [5, с. 14 – 15]. При обрізуванні книжково-журнальної продукції пласким ножем, котрий здійснює коливання уздовж своєї крайки (віброрізання), останні аркуші блока підтримуються додатковим пристроєм [1]. Вібраційне різання аркушевого матеріалу з дорізуванням крайніх аркушів на пневмомарзані [2] передбачає подачу під нижні аркуші стосу, у площину різання, стисненого повітря, тиск якого більший від зусилля різання. Ніж при цьому опускається нижче рівня останнього аркуша, що забезпечує дорізування підошви стосу на повітряній „подушці".

Аналіз способів обрізування книжкових блоків дозволив зробити висновок про недоцільність використання відомих засобів для дорізування крайніх аркушів при обрізуванні блоків багатолезовим різальним інструментом (БРІ) у машині карусельного типу. Проте, як показали дослідження [3], БРІ звичайної конструкції не в силі забезпечити необхідні якість і точність обрізування. Для усунення зазначених недоліків розроблено нову конструкцію БРІ.

Метою нашого дослідження є визначення геометричних параметрів БРІ, які забезпечують необхідні якість і точність обрізування.

Оскільки блок переміщається по колу, то загальна кількість лез БРІ (на відміну від руху переміщення по прямій) буде визначатися різницею радіусів повороту найвіддаленішої та найближчої точок блока від центра повороту каруселі (рис. 1.). Загальна кількість лез БРІ $n_л$ залежить від таких параметрів, як: товщина блока $H_{бл}$; довжина блока $L_{бл}$; радіус R_B повороту блока в затискачах каруселі (R_B дорівнює довжині перпендикуляра, проведеного з центра О повороту каруселі до точки В, найближчої до центра О); R_A – радіус повороту найвіддаленішої точки А від центра повороту каруселі О.