

**Андрій Коломієць<sup>1</sup>, Остап Котовський<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютеризованих комплексів поліграфічного і пакувального виробництва  
Українська академія друкарства (Львів, Україна)

E-mail: [kolanbor@gmail.com](mailto:kolanbor@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6441-0234>. ResearcherID: [rid48897](https://orcid.org/0000-0001-6441-0234)

<sup>2</sup>аспірант

Українська академія друкарства (Львів, Україна)

E-mail: [os.kotovskiy@gmail.com](mailto:os.kotovskiy@gmail.com)

**УТВОРЕННЯ ОБ'ЄМНОЇ ФОРМИ ПАКОВАНЬ ТУНЕЛЬНИМ  
МЕТОДОМ: ОБЛАДНАННЯ І ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ**

У роботі представлено інформацію про особливості завершальної операції з утворення картонної тари, готової до пакування продукції. Розглянуто процес утворення об'ємної форми коробок і лотків з плоских розгортток шляхом одночасного або почергового згинання їхніх клапанів, що є основою тунельного методу. Виконано аналіз обладнання, що здійснює процес формування пакувань, визначено основні й допоміжні функції, описана будова і робота його різновидів. Класифіковано машини-автомати, що здійснюють процес формування пакувань за відповідними ознаками, а також їхніх модулів. Запропоновані перспективні шляхи їхнього удосконалення. Стаття є публікацією науково-методичного характеру.

**Ключові слова:** картон; заготовка; об'ємна форма; тара; машина; класифікація; привод.

Рис.: 4. Табл. 2. Бібл.: 13.

**Актуальність теми дослідження.** Картонна тара є найбільш важливим, а в певних умовах – єдиною можливим елементом пакування і являє собою виріб для розміщення продукції, виконаний у вигляді замкнутого або відкритого корпусу. Тара є кінцевим продуктом виробництва, здійснює функцію пакування самостійно або у поєднанні з допоміжними пакувальними засобами [1]. Картонна тара поділяється на класи: споживча, транспортна, виробнича й консервувальна. Таке картонне пакування найбільш економічне, забезпечує ефективні умови обігу та розподілу продукції, також раціональну переробку й утилізацію відходів пакування [2]. Транспортна тара поділяється на ящики, барабани, бочки тощо. Класифікація враховує стабільність розмірів тари (тверда, напівтверда, м'яка); компактність (розбірна, нерозбірна, складна), інші конструктивні ознаки. Оперативне виробництво картонної тари, її фасування продукцією, переміщення і збереженість є вагомим фактором успішних логістичних дій.

**Постановка проблеми.** Кінцевою операцією створення тари з гофрокартону є її об'ємне формування. Розрізняють формування з плоскої або попередньо складено-з'єднаної розгортки. Першим методом виготовляють лотки, шоу-бокси, другим – ящики, коробки тощо. Об'ємне формування з плоскої розгортки здійснюють для наступних видів продукції: коробка, лоток, рексим, трей-гай, експресо [1]. Об'ємне формування може супроводжуватись з'єднанням клапанів складеної гофрокартонної тари за допомогою механічних замків, клеєм або клейовими стрічками.

Виробники пакувань і тари використовують бібліотеку FEFCO як галузевий довідковий посібник для усіх видів робіт з виготовлення пакувань з гофрованого картону згідно [3]. Головні вимоги до матеріалів і конструкції таких пакувань встановлені у ДСТУ 2890-94. «Тара і транспортування. Терміни та визначення» [4]. Згідно з класифікацією каталогу FEFCO всі конструкції ящиків та їхніх елементів розділені на вісім основних груп. Наприклад, до групи 04 належать обгорткові ящики та більшість штампованих ящиків, що збираються за допомогою язичкових з'єднань без клею, скоб, липких стрічок та інших допоміжних матеріалів.

Представлені в табл. 1 види гофрокартонної тари формуються методом прошивання плоскої аркушевої розгортки у «тунель» з нерухомими або рухомими інструментами, де майже всі клапани послідовно або одночасно згинаються на кут 90°. Проте є види тари, де необхідно згинати клапани на інші кути.

Таблиця 1 – Приклади пакувань групи 04xx FEFCO, що утворюються об'ємним формуванням

| Ящики |  |      |  |      |  |
|-------|--|------|--|------|--|
| 0401  |  | 0406 |  | 0421 |  |
| 0429  |  | 0444 |  | 0471 |  |
| Лотки |  |      |  |      |  |
| 0415  |  | 0425 |  | 0432 |  |
| 0436  |  | 0446 |  | 0460 |  |

Здійснення процесу об'ємного формування тунельним методом полягає в наступному (рис. 1). Картонна заготовка захоплювачами по напрямних подається до зони дії формувальних інструментів (стадія I).

Пуансон за допомогою пневмоциліндра або механічного привода проштовхує горизонтальною пластиною (колодкою) картонну заготовку в матрицю (стадія II). Транспортована пуансоном пласка картонна заготовка трансформується всередині матриці у об'ємну форму картонної коробки шляхом одночасного загинання частини її клапанів (стадія III). У першу чергу загинаються торцеві стінки коробки на 90° за допомогою встановлених у вікні плити напрямних (стадія IV). Потім, у міру просування заготовки, напрямні «тунелю» прямою ділянкою робочої поверхні притискають клапан до торцевих стінок.

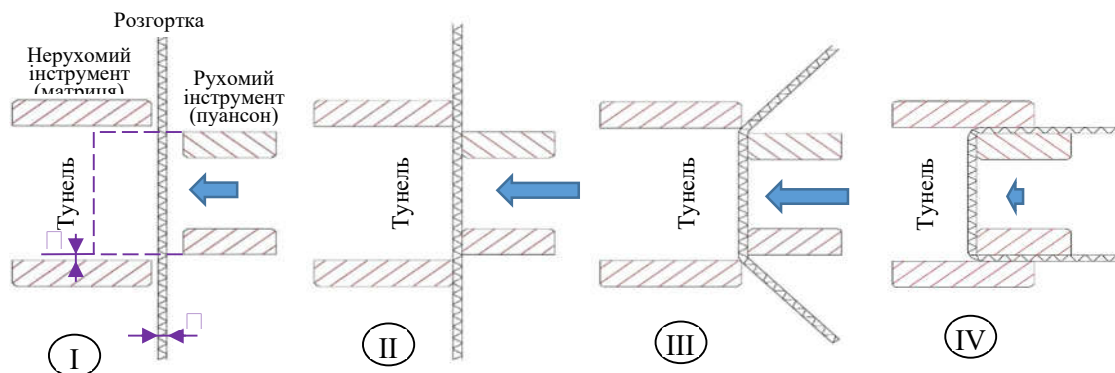


Рис. 1. Процес формування коробки в матриці

Не притиснута частина клапана, проходячи вільний простір, потрапляє в розкритий отвір замка за допомогою інших напрямних «тунелю», вигнутих під гострим кутом, які загинають бічні стінки коробки на 90°. Сформована таким чином картонна коробка проштовхується пуансоном у матриці з необхідною швидкістю, пов'язаною з висотою напрямних. Після закінчення формування коробки здійснюється зворотний хід пуансона. Сформована картонна коробка звільняється від затиску в напрямних матриці. Після повного виходу пуансона сформована картонна коробка падає на приймальний пристрій. Далі цикл повторюється.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У світі цей метод відомий з 1960-х років, його постійно удосконалюють [5]. На теренах України обладнання для формування картонних коробок розроблялось та виготовлялось з 1970 років. Відома з [6] лінія продук-

тивністю 250-600 кг/год призначена для фасування риби у картонні коробки. Дослідницькі роботи в цьому напрямку проводились у СКТБ «Техноприлад» [7], де запропонована конструкція машини, подібна до тогочасних зразків західної техніки. У ґрунтовній праці В. А. Благодарського [8] систематизовані дані про структуру та конструкцію приводів багатьох тогочасних пакувальних машин.

Дослідження явищ, що відбуваються з паперовим або картонним матеріалом під час трансформації його з аркушевого напівфабрикату в об'ємну структуру контейнера або коробки, відомі з публікацій учених здебільшого скандинавських країн [9; 10]. Базами цих досліджень є відповідно Лундський університет (Швеція) та Університет Тарту (Фінляндія).

В Україні поштовх для відновлення досліджень у формоутворенні тари надали роботи вчених НУХТ (м. Київ) під керівництвом проф. О. М. Гавви [11], пов'язані з удосконаленням пакувального обладнання. У роботі [12] ними запропоновані шляхи удосконалення обладнання, призначеного для упакування та транспортування продукції в основному харчової і фармацевтичної промисловості.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** З одного боку, існує багато ґрунтовних робіт, пов'язаних з явищами й обладнанням для згинання плоских аркушевих картонних і паперових матеріалів у післядрукарських процесах. З іншого боку, як зазначено вище, існують дослідження, спрямовані на удосконалення пакувального обладнання. Об'єднанню цих двох напрямків у єдине дослідження заважає відсутні натепер опис будови, класифікації обладнання і його компонентів. Невідомими є порівняльні зіставлення існуючі пристроїв об'ємного формоутворення картонної тари за енергосиловими параметрами процесу та умовами отримання якісної продукції.

**Метою статті** є аналіз наявного технологічного обладнання для утворення об'ємної форми тари і пакувань, виявлення його функціональних можливостей та будови, класифікувати згадане обладнання та його складових за ознаками, що найбільше впливають на надійність його роботи та конкурентоздатність, запропонувати шляхи удосконалення його основних пристроїв.

**Виклад основного матеріалу.** В англійських джерелах інформації продукція, що складена з плоских гофрокартонних розгортки, ідентифікується як tray (лотки), а відповідне обладнання відоме як tray erector або tray former. Обладнання для формування коробок із складено-з'єднаних заготовок на відміну від case erector для.

У світі існує багато виробників формувальників картонної тари, більшість з них базуються у розвинених країнах (США, Італія, Франція тощо). Велика частка обладнання для формування лотків і коробок виготовляється італійськими фірмами або міжнародними консорціумами, що мають штаб-квартири в Італії. Перелік найбільш відомих виробників і моделей формувальників подано в табл. 2.

Таблиця 2 – Виробники і моделі сучасного обладнання для об'ємного формування картонної тари

| Фірма                                       | Країна     | Моделі обладнання   |
|---|------------|---|
| SIAT  | Італія     | F144 / F144-4 / F145 / F146,<br>F344 / F344-4 / F345 / F346 та F44                  |
| COMARME                                     | Італія     | F2000   |
| Imballaggi Service Group                    | Італія     | Ultra Form 30 T   |
| Imanpack Packaging and Eco Solutions S.p.A. | Італія     | TRF 2000 / MTRF 2000  |
| Lantech.com Cooperatie U.A.                 | Нідерланди | TE-1000 / TE-2000   |
| Verpama AG                                  | Швейцарія  | SWF TrayFormer Classic / LM   |
| Meca-systeme SNP                            | Франція    | BMF 05 PF/GF; BMF 20.3/20.5 /30.3/30.5/40.3/40.5;<br>MS 40/60/80 B; MS 4 B / MS 6 B |
| Groupe MG-Tech                              | Франція    | D Pack SpeedBox   |
| Kliklok-Woodman                             | США        | TransFormer, Genesis, KFW, ECT-625, SR4W  |
| Extend                                      | Тайвань    | EXC-107   |
| Youngsun                                    | Китай      | CF-20T  |

Формувальники гофрокартонних коробок можуть працювати як у складі автоматизованих ліній, так і як операційне обладнання. Продуктивність машин змінна. Дійсна швидкість залежить від конфігурації машини та розмірів заготовок з картону й виду лотків. Автоматичні формувальники гофрокартонних коробок в стані формувати до 70 коробів за хвилину (залежно від габаритів та конструкції).

Таке обладнання має велику продуктивність, є енергоощадним, виключає ручну працю, економне у використанні виробничої площі. Тому воно незамінне як на підприємствах з великими обсягами продукції, логістичних центрах, складах, так і на невеликих аграрних та харчових підприємствах.

Основними механізмами в них є: магазин самонакладу гофрокартонних розгорток; привод переміщення присмоктувачів; привод горизонтального переміщення розгорток (як опція); привод переміщення пуансона-формувача; тунелю і вивідного транспортера.

Аналіз схем типового обладнання для об'ємного формування гофрокартонних коробок та лотків, що поширені у світі, виявляє, що всі ці машини побудовані за модульним принципом (рис. 2).

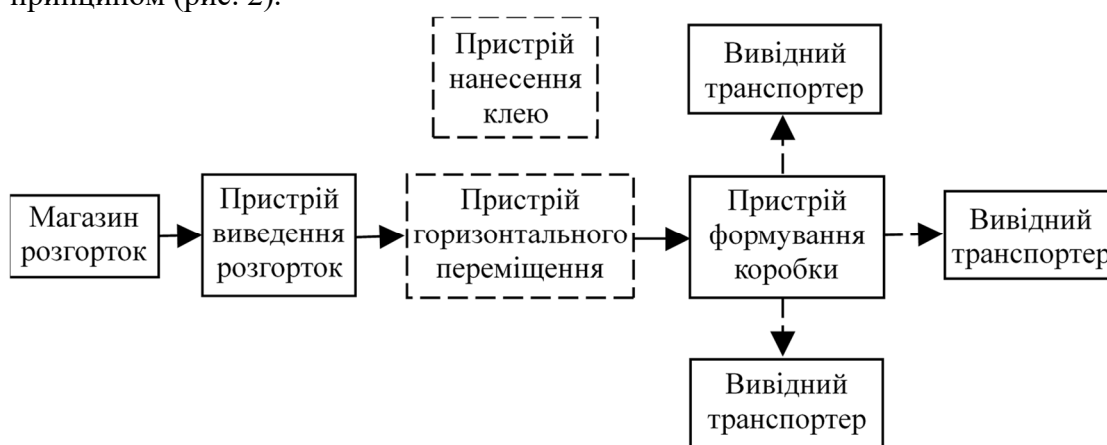


Рис. 2. Схема обладнання для об'ємного формоутворення паковань

Класифікація обладнання та його складників можлива за декількома ознаками.

Магазини-накопичувачі розгорток поділяються: за місткістю – малі, звичайні, підвищені; за габаритами розгорток; за розташуванням магазину – вертикальний, горизонтальний; за розташуванням – нижній, верхній, боковий. Пристрої виведення розгорток з магазину поділяються: за розташуванням – на верхні, нижні, бокові; за рухом присмоктувачів – зворотно-поступальний, хитний, обертовий.

Пристрої горизонтального переміщення розгорток поділяються: за типом привода – на механічний, пневматичний, серво-; за структурою механізму – важільний, комбінований механізм, гвинтова пара.

Пристрої нанесення клею поділяються на: контактні (роликові), безконтактні (струминні). Вивідні транспортери поділяються на: пасові, роликові, ланцюгові, пасові двосторонні.

Формувальні інструменти поділяються за такими ознаками:

а) способом утворення об'ємної форми: з рухомими інструментами під час зупинки розгортки; з рухомими і нерухомими інструментами під час переміщенні розгортки.

б) виглядом формувача (суцільний, з пневматичними або механічними інструментами);

в) фіксуванням об'ємної форми пакування: механічними замками; клейовим з'єднанням; скобами; комбіноване з'єднання.

г) приводом рухомих інструментів: механічний; пневматичний; комбінований.

д) за кількістю інструментів (від одного до чотирьох).

На рис. 3 представлена широко вживана схема автомата з вертикальним переміщенням інструмента для об'ємного формоутворення паковань. автомат працює наступним чином. Оператор накладає стос картонних розгорток у магазин М самонакладу. Бокові й

задня планки 1 магазину М утворюють обмежувальні площини та попередньо регулюються на формат розгорток Р. Нижня розгортка в магазині самонакладу підтримується знизу чотирма регульованими упорами. Глибина площинок упорів, що підтримують нижню розгортку – не більше 5 мм.

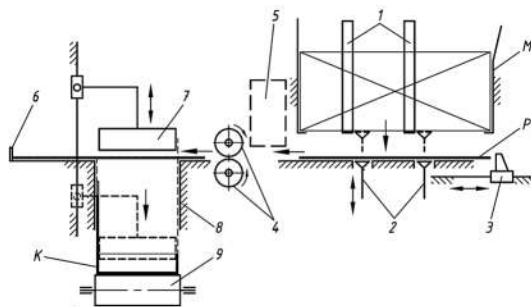


Рис. 3. Схема автомата з вертикальним переміщенням інструмента для об'ємного формотворення паковань

До нижньої розгортки в магазині самонакладу підходять дві пари вакуумних присмоктувачів 2. Зворотно-поступальний рух присмоктувачам вздовж вертикальної осі забезпечує окремий пневмоциліндр. Хід присмоктувачів 2 такий, що вони гарантовано підіймаються «вище» площини нижньої розгортки. У момент зустрічі з розгорткою відбувається пружна деформація матеріалу присмоктувачів (гуми) і вони щільно контактують з матеріалом розгортки (це здебільшого папір або картон із щільністю 300 г/м<sup>2</sup>). Під час подальшого руху присмоктувачів 2 донизу розгортка прогинається, її краї витягуються з-під площинок магазину і вона вивільнюється від решти стосу. Присмоктувачі рухаються донизу, пневмоавтоматика у нижній ділянці їх руху відключає подачу вакууму. Це вивільнює розгортку і вона «падає» на планки стола.

Далі розгортка переміщується у горизонтальному напрямку до позиції об'ємного формування штовхачами 3. Зворотно-поступального руху каретці зі штовхачами 3 вздовж напрямних надає окремий пневмоциліндр, механічний або сервопривод. Штовхачі 3 вштовхують розгортку у проміжок між валиками 4, що постійно обертаються. Картонна розгортка Р на своєму шляху до позиції об'ємного формування може проходити повз клейову секцію 5. Валики 4 переміщують розгортку до регульованого упору 6, попередньо встановленого відповідно до розмірів майбутньої коробки або контейнера. Подальше об'ємне формування коробки здійснює спеціальна формувальна колодка (пуансон) 7. Вона закріплена на каретці, яка робить зворотно-поступальний рух вздовж вертикальних напрямних. Привід каретці з формувальною колодкою 7 надається згідно з програмою окремим пневмоциліндром, механічним або сервоприводом. Конфігурацію робочої контактної площини формувальної колодки 7 вибирають згідно з базовою площиною розгортки (див. рис. 1). У більшості машин-автоматів передбачається можливість заміни колодки відповідно до формату картонної коробки. Недоліком є те, що діапазон форматів зазвичай обмежений.

На початку руху донизу колодка проштовхує розгортку у вертикальний тунель 8. Розгортка згинається по попередньо нанесених лініях бігування або перфорування. Стінки тунелю можуть мати певні особливості, які дозволяють згинати не всі лінії бігування одночасно, а почергово. Застосування автоматів з укладанням горизонтально орієнтованих розгорток у магазин самонакладу створює проблеми для переміщення нижнього напівфабрикату (плоскої розгортки) до зони дії формувального пуансона. Тому в магазині машини одночасно можна розмістити невелику кількість розгорток (до 100), що ускладнює її обслуговування.

Перспективними вважаються схеми побудови автоматів згідно з рис. 4 із магазином М підвищеної місткості (до 250-300 шт.) з вертикально або нахилено орієнтованими картонними розгортками Р. Головні відмінності від попередньої схеми: поштучне виведення розгорток Р із магазину здійснюють хитні куліси 2 з комплектами присмоктувачів; подальше переміщення розгортки Р – вертикальне до упорів 6; рух формувальної колодки

(пуансона) 7 горизонтальний. Переваг такої побудови декілька. Загальна площа встановлення таких автоматів на виробництві менша, у них легше обслуговувати не тільки самонаклад, а і привод формувальних інструментів.

Найбільш енергоємними вузлами у обладнанні для об'ємного формоутворення паковань вважається пристрій формування тари або паковань як такий, що здійснює силовий вплив на матеріал заготовки. Інші пристрої виконують переважно транспортувальні функції, навантаження у їхніх приводах набагато менші.

Виявлено, що машини-автомати на основі пневмоциліндрів або серводвигунів дороги, невеликі підприємства придбати такі не можуть собі дозволити. Привод від пневмоциліндрів та серводвигунів потребує встановлення системи керування. Пневмопривод обов'язково містить вартісне додаткове устаткування (компресор). Удвічі і більше дешевших існуючих механічних приводів у процесі роботи виникають значні інерційні навантаження, що обмежує продуктивність виготовлення габаритних лотків до 15-18 лотків/хв. У багатьох випадках ускладнено забезпечити необхідні технічні умови важливими механізмами, необхідно застосовувати певні програмоносії.

Якщо систематизувати недоліки механізмів пристрою об'ємного формування, отримаємо наступні висновки [13]:

- застосування пневмоприводу обмежене вартістю та збільшенням габаритів автомата;
- комбіновані важільні механізми вертикального переміщення формувальної колодки матеріаломісткі та характеризуються значними надлишковими навантаженнями у крайніх положеннях [8, с. 22].

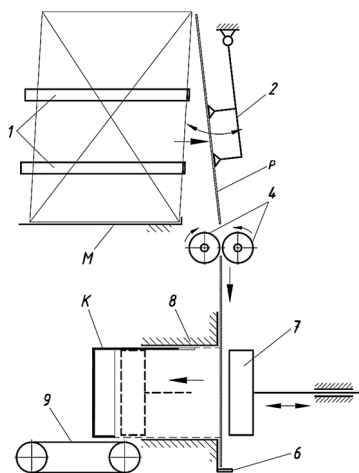


Рис. 4. Схема автомата з горизонтальним переміщенням інструмента для об'ємного формоутворення паковань

З огляду на наведене, удосконалення основних пристроїв машин об'ємного формування тари можна вирішити декількома шляхами:

- зменшенням інерційних навантажень за рахунок зменшення габаритних розмірів ведених ланок з хитним рухом і, відповідно, збільшенням їхнього розмаху;
- забезпеченням циклової паузи комбінованим механізмом, необхідної для встановлення в зоні обробки наступної гофрокартонної розгортки;
- обранням раціональних законів періодичного руху формувальних інструментів;
- застосуванням індивідуальних приводів лінійного переміщення (на основі пневмо-, гідро- або серводвигунів) з програмованим керуванням («електронний кулачок»).

**Висновки.** Для оперативного створення тари і паковань, готових до фасування продукцією та логістичних дій, обов'язковою є операція утворення об'ємної форми коробок і тари з гофрокартону. Виявлено, що одним із найбільш поширених є метод, згідно якому плоска картонна заготовка складається в об'ємну структуру лотка або ящика шляхом її проштовхування скрізь напрямні («тунель»). Описані стадії процесу та явища, що відбу-

ваються з матеріалом картонної заготовки при цьому. Виокремлені виробники обладнання та їхні модельні ряди. Аналіз машин-автоматів відомих світових виробників обладнання виявив загальні його риси їхньої модульної побудови. Уперше класифіковано типи цього обладнання та його головних модулів за ознаками, що мають найбільший вплив на продуктивність, якість продукції та енергоощадність. Виявлені недоліки використання існуючих пристроїв об'ємного формування тари та окреслені шляхи їхнього удосконалення, що дозволять виконати раціональне проектування високопродуктивного сучасного обладнання для підприємств і логістичних центрів.

### Список використаних джерел

1. Осика В. А. Пакувальні матеріали і тара : підручник / В. А. Осика. – К.: Київський націон. торг.-економ. університет, 2006. – 372 с.
2. Регей І. І. Споживче картонне пакування. Матеріали, проектування, обладнання для виготовлення / І. І. Регей. – Львів: УАД, 2011. – 142 с.
3. DIN 55468-1, 2021 Edition, January 2021 - Packaging materials - Corrugated board - Part 1: Requirements, testing. Deutsches Institut für Normung E.V. (DIN), 2021.
4. ДСТУ 2890-94. Тара і транспортування. Терміни та визначення.– К. : Держстандарт України, 1994. 27 с.
5. Method for forming paper boxes and the like. Patent 4283190 USA. IPC B31B 9/26. Williams et al. Appl. №116897, filed 30.01.1980; publ. 11.04.1981.
6. Романов А. А. Справочник по технологическому оборудованию рыбообработывающих производств. Кн. 2. Оборудование для копчения рыбы, производства полуфабрикатов и кулинарных изделий, обработки нерыбных объектов промысла и упаковки готовой продукции / А. А. Романов, Е. К. Строганова, И. Е. Зинина. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 327 с.
7. А. с. SU 1622226 А1. МПК В65В 43/08, 43/18, В65Н 5/08. Устройство для формирования картонных пачек. / М.І. Дронченко, Е.М. Кацович, Т.Н. Морозова. – заявл. 16.08.1988, 4476434/13, опубл. 23.01.1991. Бюл. №3.
8. Благодарский В. А. Машины-автоматы для упаковки пищевых продуктов : справочник / В. А. Благодарский, Н. С. Колесник, М. С. Зиновьева. – К. : Техника, 1985. – 229 с.
9. Linvill Eric. 3-D Forming of Paper Materials. Doctoral Thesis. – Stockholm, KTH Royal Institute of Technology, 2017. – 51 p.
10. Controlling the folding of the blank in paperboard tray press forming / P. Tanninen, V. Leminen, H. Eskelinen, J. Varis // BioResources. – 2015. – № 10(3). – Pp. 5191-5202.
11. Гавва О. М. Пакувальне обладнання. Обладнання для обробки транспортних пакетів / О. М. Гавва, А. П. Беспалько, А. І. Волчко. – К. : ІАЦ «Упаковка», 2006. – 96 с.
12. Проектування пакувального обладнання із мехатронних модулів / М. В. Якимчук, О. М. Гавва, А. П. Беспалько та ін. – К. : Вид-во «Сталь», 2017. – 515 с.
13. Kolomiets A. B. Improvement of the cardboard tray and case forming mechanisms / A. B. Kolomiets, O. O. Kotovskii // Progressive directions of technological complexes development TK-2020. Collection of scientific reports of VI International scientific and technical conference devoted to problems in higher education and science. – Lutsk, June 2-4, 2020. – Pp. 197-199.

### References

1. Osyka, V.A. (2006). *Pakovalni materialy i tara [Packaging materials and containers]*. Kyivskyi natsionalnyi torhivnelno-ekonomichnyi universytet.
2. Rehei, I.I. (2011). *Spozhyvche kartonne pakovannia. Materialy, proektuvannia, obladdannia dlia vyhotovlennia [Consumer cardboard packaging. Materials, design, equipment for manufacturing]*. Ukrainska akademiia drukarstva.
3. Deutsches Institut für Normung E.V. (DIN). DIN 55468-1, 2021 Edition, (2021). *Packaging materials. Corrugated board. Part 1: Requirements, testing*.
4. Derzhstandart Ukrainy. DSTU 2890-94. (1994). *Tara i transportuvannia. Terminy ta vyznachennia [Container and transportation. Terms and definitions.]*. K.: Derzhstandart of Ukraine, 1994.
5. Method for forming paper boxes and the like. Patent 4283190 USA. IPC B31B 9/26. Williams et al. Appl. №116897, filed 30.01.1980; publ. 11.04.1981.
6. Romanov, A.A., Strohanova, E. K., Zinina, Y. E. (1979). *Spravochnik po tekhnolohicheskomu oborudovaniuu ryboobrabatyvaiushchikh proizvodstv. Kn. 2. Oborudovanie dlia kopcheniia ryby, proizvodstva polufabrikatov i kulinarykh yzdelii, obrabotki nerybnykh obektov promysla y upakovki*



hotovoi produktsyi [Handbook of technological equipment for fish processing industries. Book. 2. Equipment for smoking fish, production of semi-finished products and culinary products, processing of non-fish objects of fishing and packaging of finished products]. Pishchevaia promyshlennost.

7. A. s. SU 1622226 A1. MPK V65V 43/08, 43/18, V65N 5/08. Ustroistvo dlia formirovaniya kartonnykh pachek. / M.I. Dronchenko, E.M. Katsovykh, T.N. Morozova. – zaiavl. 16.08.1988, 4476434/13, opubl. 23.01.1991. Biul. № 3.

8. Blahodarskii, V.A., Kolesnik, N.S., Zynoveva, M.S. (1985). *Mashyny-avtomaty dlia upakovki pishchevykh produktov: Spravochnik.* Tekhnika.

9. Linvill Eric. (2017). *3-D Forming of Paper Materials* [Doctoral Thesis]. Stockholm, KTH Royal Institute of Technology.

10. Tanninen, P., Leminen, V., Eskelinen, H., Varis, J. (2015). Controlling the folding of the blank in paperboard tray press forming. *BioResources*, 10(3), 5191-5202.

11. Havva, O.M., Bezpalko, A.P., Volchko, A.I. (2006). *Pakuvalne obladnannia. Obladnannia dlia obrobky transportnykh paketiv* [Packaging equipment. Equipment for processing transport packages]. IATs «Upakovka».

12. Yakymchuk, M.V., Havva, O.M., Bezpalko, A.P. (2017). *Proektuvannia pakuvalnoho obladnannia iz mekhatronnykh moduliv* [Design of packaging equipment from mechatronic modules]. Stal.

13. Kolomiets, A.B., Kotovskii, O.O. (2020). Improvement of the cardboard tray and case forming mechanisms. *Progressive directions of technological complexes development TK-2020*. Collection of scientific reports of VI International scientific and technical conference devoted to problems in higher education and science. Lutsk, June 2-4, 197-199.

Отримано 30.03.2023

UDC 676.84

### **Andriy Kolomiets<sup>1</sup>, Ostap Kotovskii<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Technical Sciences,

Associate Professor of the Department of Computerized Complexes of Printing and Packaging Industries  
Ukrainian Academy of Printing (L'viv, Ukraine)

E-mail: [kolanbor@gmail.com](mailto:kolanbor@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6441-0234>. ResearcherID: [rid48897](https://orcid.org/0000-0001-6441-0234)

<sup>2</sup>postgraduate

Ukrainian Academy of Printing (L'viv, Ukraine)

E-mail: [os.kotovskiy@gmail.com](mailto:os.kotovskiy@gmail.com)

## **VOLUMETRIC FORMING OF PACKAGINGS USING THE TUNNEL METHOD: EQUIPMENT AND WAYS OF ITS IMPROVEMENT**

*The article presents the results of scientific and methodical research in the field of printing and packaging engineering.*

*Speedy production of cardboard packaging, its packing with products, transporting and preservation is a significant factor in successful logistics operations. One of the most widespread is the method, according to which a flat cardboard blank is pushed by a punch into a matrix ("tunnel"), where its flaps are folded into a three-dimensional structure of a tray or box. There is a group of popular designs of trays and boxes according to the FEFCO catalog, which are manufactured by the method.*

*The analysis of publications revealed the existence of both studies related to the phenomena and equipment for folding sheet materials in printing industry, and aimed at improving packaging equipment. The combination of these two directions into a single study is hindered by the currently missing description of the structure and classification of the equipment and its components.*

*The purpose of the article is to analyze and systematize the features of the equipment for volumetric forming of a structure of cardboard containers (boxes and trays), as well as its modules to determine ways of their improvement.*

*A review of the equipment of well-known global manufacturers revealed common features of their modular construction. The main mechanisms of the cardboard container forming machine are defined, their functions are described, and they are classified according to the features that have the greatest impact on productivity, product quality, and energy saving. A comparison of application in production was made for the two most widespread schemes of the equipment. Ways to improve the considered equipment and drives of its main mechanisms were outlined.*

*The work describes the stages of the process of volumetric forming of cardboard packings by the tunnel method. The peculiarities of the use of existing devices for the volumetric forming of containers have been revealed. For the first time, the types of equipment for the implementation of the process and its main modules were classified. The presented materials can be used for the rational design of means for the production of cardboard packaging.*

**Keywords:** cardboard; blank; volumetric shape; container; machine; classification; drive.

Fig.: 4. Table: 2. References: 13.