

УДК 658.52

Б.О.Пальчевський, О.М.Шаповал

Луцький національний технічний університет

## НАПРЯМИ РОЗВИТКУ БУДОВИ МАШИН ДЛЯ ПАКУВАННЯ СИПИХ РЕЧОВИН

*У статті запропоновано триступеневу ієрархічну систему опису структури пакувальних технологічних машин. Здійснено аналіз їх компоновань на різних структурних рівнях опису, а також показано основні інноваційні напрямки їх вдосконалення.*

Ключові слова: *ієрархічна система, інноваційний напрямок.*

Впродовж останнього десятиріччя проектування технологічних машин для пакування сипкої продукції в плівкові пакети розвивалось досить інтенсивно, результатом чого стала поява високопродуктивного, надійного і практично повністю автоматизованого обладнання. Однак, звертає на себе увагу той факт, що пакувальне обладнання відрізняється одноманітністю компоновальних рішень. Конкурентна боротьба між виробниками пакувальних машин ведеться в основному на рівні вдосконалення параметрів вже наявного парку пакувального устаткування та вдосконалення їх структури шляхом додавання до складу машин різних сервісних пристроїв. Можна вважати, що параметричне вдосконалення пакувальних машин фактично вичерпало себе, тож подальший розвиток пакувальної техніки стає можливим переважно за рахунок вдосконалення структури машини.

### 1. Ієрархічний опис структури технологічної машини

Для проведення аналізу структури технологічних машин (надалі ТМ) пакування сипких матеріалів нами було розроблено наступну ієрархічну систему опису їх будови. В основу цього опису покладено положення про те, що ТМ представляє технічний засіб реалізації технологічної операції. Оскільки технологічна операція складається із певної кількості переходів, то для їх виконання в склад ТМ повинна входити відповідна кількість технічних елементів – функціональних модулів (ФМ). Функціональні модулі можуть бути розділені за функціональною ознакою на три види, а саме:

- технологічні функціональні елементи (ТФЕ), які виконують окремі технологічні переходи;
- допоміжні функціональні елементи (ДФЕ), які виконують транспортно-накопичувальні і допоміжні (навантажувально-розвантажувальні і тому подібне) переходи;
- контрольно-функціональні елементи (КФЕ), що виконують контрольно-вимірювальні переходи, що управляють синхронною роботою ФМ.

Структура ТМ створюється шляхом забезпечення між функціональними елементами зв'язків. Ці зв'язки забезпечують передачу виробів (матеріальні зв'язки), приводи робочих органів (енергетичні зв'язки) і контроль і управління функціонуванням ТМ (інформаційні зв'язки).

Для спрощення опису зв'язків між ФМ ми використали ієрархічний підхід. Ієрархічний підхід до опису структури ТМ передбачає групування (об'єднання) цих модулів за функціональною ознакою в блоки функціональних модулів (БФМ). Варто зауважити, що при всій різноманітності розглянутих технічних рішень, ТМ даного призначення має у своєму складі дозувальний блок функціональних модулів (БФМ-1), пакувальний блок функціональних модулів (БФМ-2) та додатковий блок функціональних модулів (БФМ-3) (рис. 1). З точки зору просторової орієнтації вказані блоки можуть розташовуватись по лінійній, круговій та комбінованій траєкторії. За таким же принципом можуть бути розміщені і ФМ всередині блоку.

Процес проектування в даному випадку полягає в застосуванні двоступеневого синтезу, тобто спочатку здійснюється синтез і оптимізація структури окремих БФМ, побудованих із ФМ, а потім синтез і оптимізація самої ТМ із отриманих БФМ, що представляє собою набагато простішу задачу.

### 2. Основні напрями вдосконалення структури технологічної машини

Аналіз структури запатентованих та впроваджених розробок показує, що підвищення ефективності ТМ може бути досягнуто вдосконаленням їх структури за кількома напрямами:

- введення до складу машини нових ФМ для виконання додаткових функцій;
- змін у просторовому розміщенні БФМ і ФМ один відносно одного;

- заміною ФМ на інший – відмінний за конструкцією типорозмір – для виконання визначеної функції;

- укрупнення БФМ і ФМ шляхом об'єднанням механізмів різного призначення;
- розбиття складного ФМ на кілька окремих і т. д.

Застосування ієрархічного опису структури ТМ дозволяє більш глибоко проаналізувати характер зміни їх компонувань як на рівні БФМ, так і на рівні цілої ТМ.

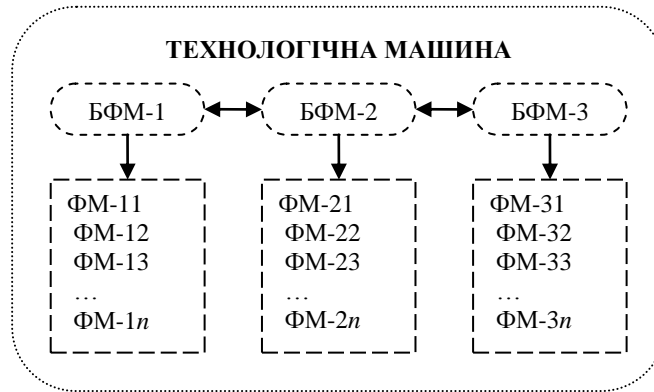


Рис. 1. Ієрархічне представлення структури ТМ

### 3. Аналіз структури дозувального блоку модулів пакувальної машини

Типовий дозувальний блок модулів (БФМ-1) обов'язково має в своєму складі принаймні два ФМ – бункер та дозатор. Якщо бункери різняться між собою лише конфігурацією (розміром, формою), то існуючі дозатори як принципом дії – об'ємний (рис. 2, а), ваговий (рис. 2, б), шнековий (рис. 2, в), маятниковий (рис. 2, г), шибєрний (рис. 2, д), так і типорозмірами.

Особливістю формування структури БФМ-1 є паралельне або послідовне об'єднання в одному БФМ декількох дозаторів.

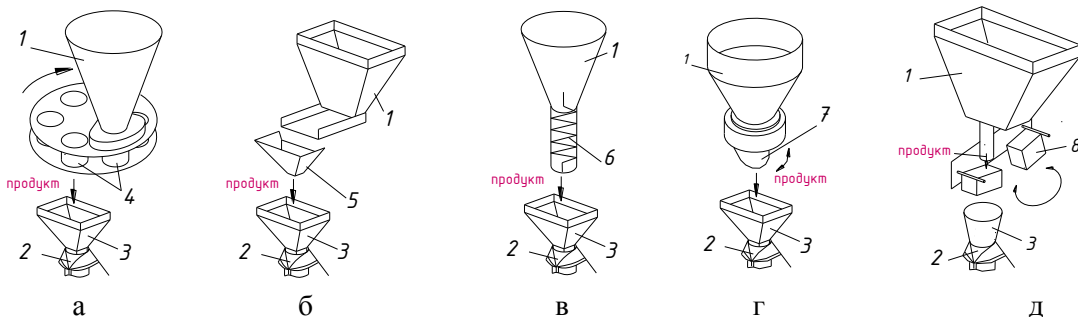


Рис. 2. Типи дозаторів: а) об'ємний; б) ваговий; в) шнековий; г) шибєрний; д) маятниковий;

1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – рукавоутворювач; 4 – завантажувальний бункер;

5 – мірні стакани; 6 – зважувальна ємність; 7 – шнек; 8 – шибєр; 9 – телескопічні чашки

При послідовному об'єднанні дозаторів кожен дозатор відважує свою частину дози, а їх сумування створює сумарну дозу. Таке об'єднання дозаторів використовується в пакувальних ТМ для:

- пакування багатокомпонентної суміші в одну упаковку [1], дозування забезпечується поєднанням в одній машині кількох послідовно з'єднаних дозаторів (рис. 3, а)
- фасування різних складових продукту без змішування – створення секційної упаковки [14];
- створення складної упаковки шляхом вкладання однієї упаковки малого розміру в основну [9].

При паралельному об'єднанні дозаторів кожен дозатор відважує свою окрему дозу, яка подається на запакування. Таке об'єднання дозаторів використовується в пакувальних ТМ для підвищення їх продуктивності. Паралельно працюючі дозатори можуть по чергово з'єднуватися із спільним рукавоутворювачем, працюючи синхронно із зміщенням по фазі, або з'єднуватися кожен

із своїм рукавоутворювачем (рис. 3, б). Можливим є також одночасне пакування продукту у два і більше окремих пакети одночасно (рис. 3, в).

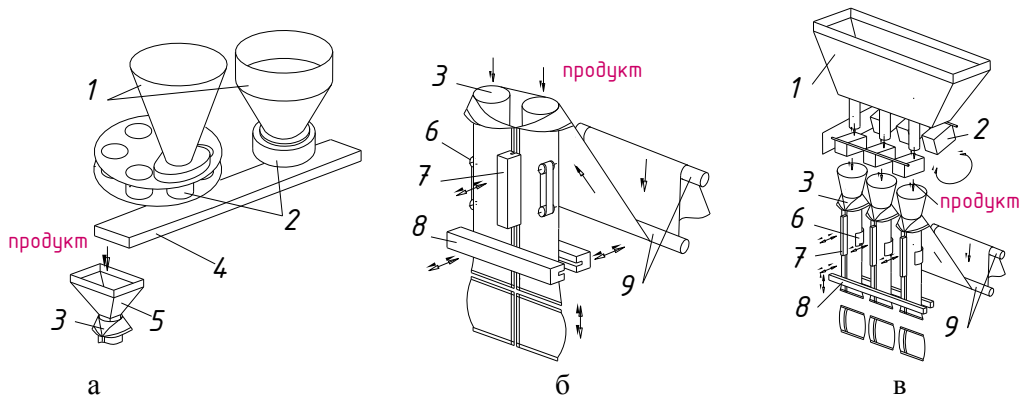


Рис. 3. Послідовне (а) і паралельне (б, в) об'єднання дозаторів в дозувальному блоці модулів:

- 1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – рукавоутворювач; 4 – транспортер; 5 – прийомний бункер;  
 б – механізм протяжки; 7 – губки повздовжнього зварювання;  
 8 – губки поперечного зварювання; 9 – подаючі валки

#### 4. Аналіз структури пакувального блоку модулів пакувальної машини

З точки зору просторового розміщення ФМ, з яких складається БМФ-2, і, відповідно, напрямку переміщення виробів, розрізняють такі типи компоновань даного блоку:

- 1 – вертикальний лінійний (рис. 6, а-з);
- 2 – горизонтальний лінійний (рис. 4, а);
- 3 – горизонтальний лінійно-ротаторний (рис. 4, б).

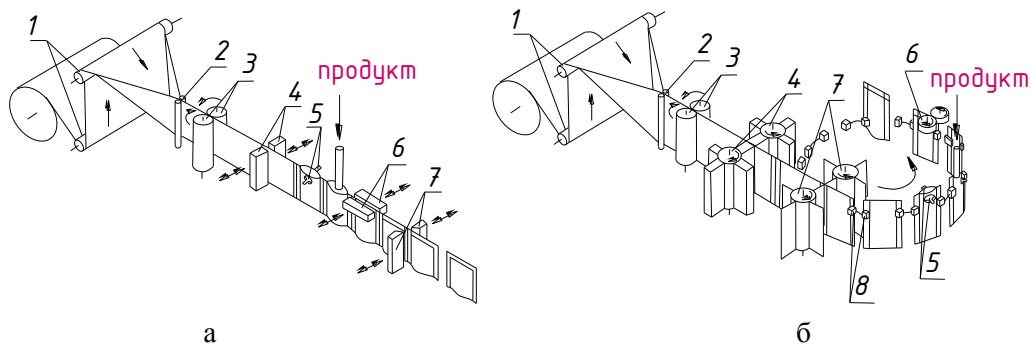
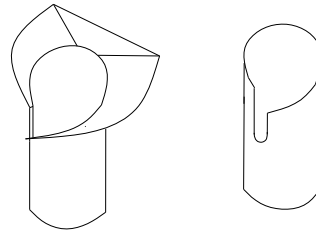


Рис. 4. Схема горизонтального компоновання пакувального блоку модулів: а) лінійне; б) роторне;  
 1 – механізм подачі плівки; 2 – ролики складання; 3 – ролики протяжки; 4 – механізм зварювання бокових швів; 5 – механізм розкриття пакету; 6 – механізм зварювання верхнього шва;  
 7 – відрізнi ножі; 8 – захвати

У даній статті ми зупинимось детальніше на розгляді особливостей структури БМФ-2 першого типу. Він включає в себе такі типові ФМ як: механізм подачі стрічки, рукавоутворювач, механізми утворення зварних швів та відрізання пакету. Механізм подачі стрічки складається із рулонотримача та декількох натяжних валків. Рукавоутворювач, як правило, встановлений вертикально, однак за необхідності зменшити швидкість переміщення і, відповідно, сили падіння крихкого продукту в пакет, формоутворюючу трубу розміщують із нахилом (рис. 6, а). Він може бути як із формувальним воротом (рис. 5, а), що кріпиться у верхній частині, так і без нього (рис. 5, б). [14]



а б

Рис. 5. Рукавоутворювач з воротом (а), без ворота (б)

З допомогою механізмів поздовжнього і поперечного зварювання здійснюється герметизація упаковки. В загальному випадку, залежно від конструкції зварних елементів зварювання буває термоконтактним, термоімпульсним чи комбінованим (гарячим газом і термічним імпульсом) [16].

ФМ поперечного зварювання і відрізання часто сумішують в один механізм для одночасної герметизації і відділення пакетів (рис. 6, а), а якщо поперечні зварні губки приводяться в рух у напрямку вгору-вниз, то відпадає потреба ще й у механізмі протяжки (рис. 6, б). В окремому випадку функцію протягування рукава можуть виконувати губки поздовжнього зварювання (рис. 6, ж). Якщо ж механізм протяжки виконаний як окремий вузол, то він представлений у вигляді натяжних ременів (рис. 6, а, е, з), протяжних роликів (рис. 6, в), або захватів (рис. 6, в). Має місце також поєднання двох пар губок поперечного зварювання, які утворюють поперечний шов почергово (рис. 6, д), а при почерговому повороті зварних губок в горизонтальній площині на  $90^\circ$  стає можливим утворення пакету пірамідальної форми (рис. 6, е). [14]

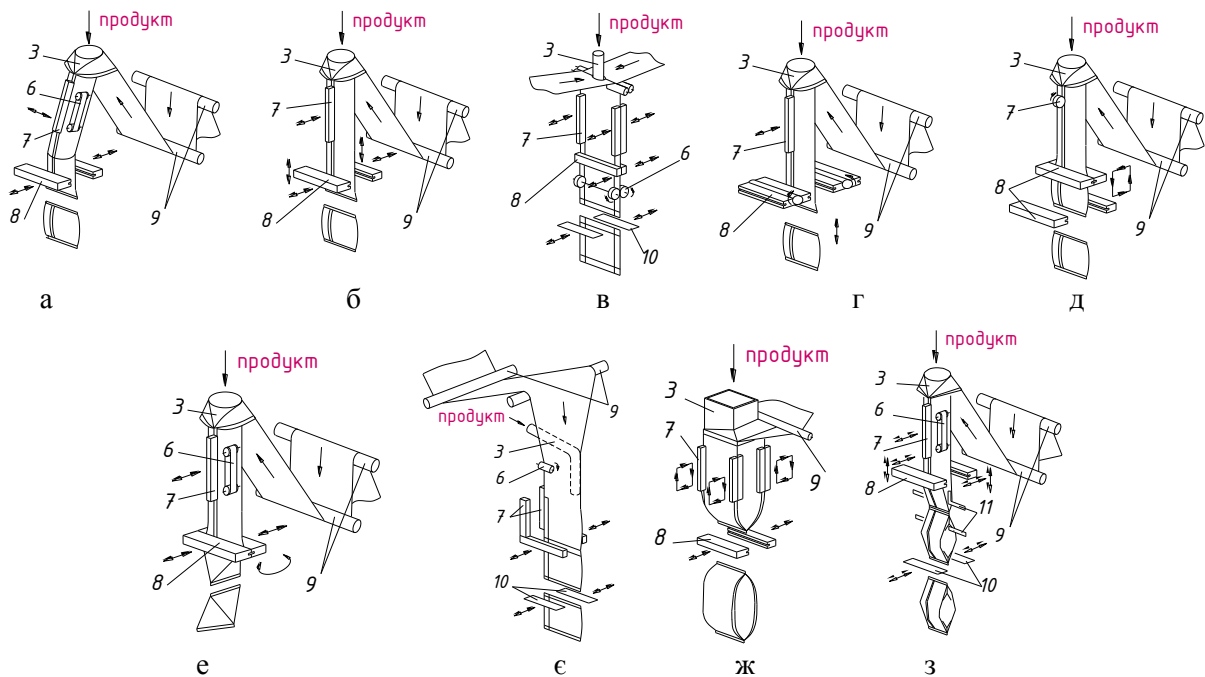


Рис. 6. Типи компонок пакувального блоку модулів: а) з нахиленим рукавоутворювачем; б) з протяжними губками зварювання і відрізання; в) з протяжними роликками; г) з роторними губками поперечного зварювання; д) з двома парами губок поперечного зварювання; е) з поворотними губками поперечного зварювання; є) із об'єднаними губками поздовжнього і поперечного зварювання; ж) з протяжними губками поздовжнього зварювання; з) з механізмом утворення складок;

3 – рукавоутворювач; 6 – механізм протяжки; 7 – губки поздовжнього зварювання; 8 – губки поперечного зварювання; 9 – подаючі валки; 10 – відрізні ножі; 11 – підгиначі

### 5. Аналіз структури додаткового блоку модулів пакувальної машини

Додатковий блок модулів пакувальної машини (БФМ-3) призначений для додаткової обробки отриманих споживчих упаковок. Як правило, це підрахунок випущених упаковок, формування із споживчих упаковок в групової упаковки, дозапаковування пакетів з продуктом для покращення якості упаковки (розміщення в картонну пачку, обтягування целофаном тощо).

Тоді в склад БФМ-3 входить ФМ для кріплення пакетів до смуги (рис. 7, а) [11], який дозволяє утворювати групову упаковку із визначеною в ній кількістю виробів, або ФМ для вкладання пакетів в картонну пачку (рис. 7, б) [21] і т. п.

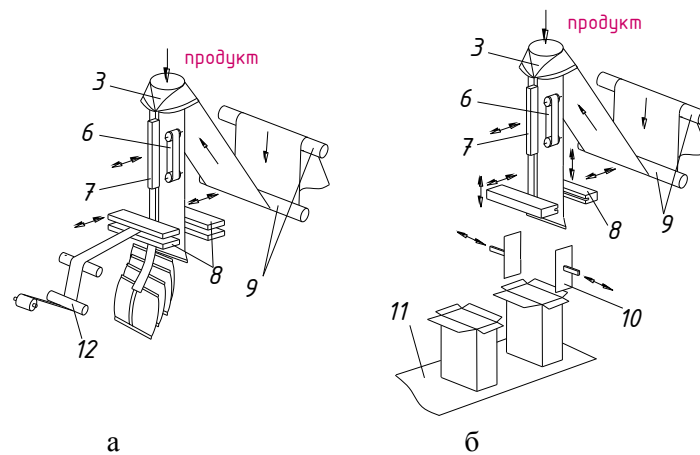


Рис. 7. Приклади компонувань із додатковим блоком модулів:

- а) з модулем кріплення пакетів до смуги; б) з модулем вкладання пакетів в пачки;  
 3 – рукавоутворювач; 6 – механізм протяжки; 7 – губки повздовжнього зварювання;  
 8 – губки поперечного зварювання; 9 – подаючі валки; 10 – затискні пластини;  
 11 – транспортер; 12 – механізм подачі стрічки

### 6. Аналіз напрямів підвищення функціональності пакувальних машин

Як уже зазначалось, наявність вказаних ФМ є обов'язковою для виконання процесу пакування, однак постійно зростає число ТМ, структурна будова яких ускладнюється за рахунок механізмів, призначених для виконання допоміжних функцій. Наприклад, пристрій розтягування плівкового рукава у поперечному напрямку [22, 23] дає змогу запобігти появі складок при утворенні зварного шва, а лапки, які підгортають всередину бокові стінки пакету – створити стоячий пакет (рис. 6, з) [26]; призначенням механізму охолодження зварних швів [10], роликів транспортера [30], що обхоплює пакет після його утворення, опорних лапок [24], які підтримують пакет для недопущення його провисання під дією сили ваги продукту є запобігання руйнуванню упаковки. Контроль за подачею стрічки здійснюється датчиком мітки, а також пристроєм центрування пакувального матеріалу [8].

Суттєвих змін в процесі розвитку зазнала система приводу машини. Якщо вузли перших пакувальних машини приводились в рух від одного двигуна за допомогою кінематичних зв'язків [12], то на сучасному етапі практично кожен механізм приводиться в дію від окремого двигуна або пневмоциліндру [13].

Ще один інженерний прийом, що має місце при підвищенні якості машини – це резервування (рис. 4, б; 6, г). Він полягає в використанні таких ФМ, особливість конструкції яких полягає в наявності двох і більше однотипних елементів даного призначення, що виконують перехід по чергово, або спрацьовують при відмові іншого. З цієї точки зору резервування буває двох видів:

- внутрішнє – резервна структура функціонує разом із основною;
- зовнішнє – введення додаткової зовнішньої структури, що заміщає елементи, які відмовили.

Як показує проведене дослідження, інноваційна діяльність конструкторів пакувальних машин для сипких продуктів спрямована на:

- підвищення продуктивності;
- автоматизацію операції;

- підвищення точності дозування;
- створення комплексних доз;
- підвищення універсальності;
- підвищення технологічних можливостей машини;
- покращення якості упаковки.

Підвищення продуктивності досягається скороченням тривалості дозування за рахунок збільшення прохідної площі висипання продукту з бункера [4], а часу зварювання швів – комбінуванням дії на пакувальний матеріал нагрітого газу та термічного імпульсу [16].

Автоматизація операції здійснюється за допомогою програмно керованого пристрою, який через відповідні давачі керує автоматичною роботою механізму протяжки плівки, з'єднаного з серводвигуном [20], або контролює роботу багатокомпонентного дозатора, що створює суміш із заданою пропорцією компонентів [1]. В деяких конструкціях використано керування роботою механізму утворення зварних швів [31].

Підвищення точності дозування пропонується здійснювати поетапним заповненням мірної камери [2]. Пропонується також розбиття мірної камери дозатора на окремі секції, сумарний відміряний ними об'єм створює точну задану дозу продукту [6, 7].

Створення комплексних доз реалізується встановленням відповідної кількості дозаторів (рис.3, а), які відважують один і той же, або різні види продукту, з подальшим висипанням його в окремі секції пакета [14] (рис. 3, б), або створення кількокомпонентної суміші в одному пакеті [1]. Запропоновано також технічне рішення для поєднання при пакуванні в одній упаковці сипкого та поштучного продукту [9].

Підвищення універсальності машини спрямоване на виготовлення упаковок різних типорозмірів. З цією метою пропонується застосовувати із можливістю переналадження такі ФМ як механізм протяжки плівки [18], механізм поперечного зварювання [3, 5], пристрій центрування пакувального матеріалу [8].

Підвищення технологічних можливостей машини здійснюється в основному завдяки функціональному наповненню різними додатковими ФМ БФМ-3, зокрема він може мати механізм кріплення пакетів до смуги для створення групової упаковки (рис. 7, а) [11], або механізм вкладання пакетів в картонні пачечки (рис. 7, б) [17, 21] тощо.

Покращення якості упаковки розвивається в двох напрямках. Такі ФМ як механізм охолодження зварних швів [10, 19], роликівий транспортер для відведення готових упаковок [28], опорні лапки для підтримування дна пакетів [24] направлена на підвищення її надійності й збереження цілісності; в той час як механізм формування внутрішніх бокових складок [26] або підгортання дна упаковки [27], механізми розгладжування плівкового рукава в поперечному напрямку [22, 23] – на вдосконалення естетичного вигляду та споживчих властивостей упаковок.

Висновки: Аналіз розглянутих компоновок технологічних машин для пакування сипких продуктів показав, що найбільш ефективні результати досягнуті шляхом вдосконалення на рівні їх компоновальних схем. Структурний розвиток технологічних машин спрямований у двох паралельних напрямках: підвищення показників ефективності роботи самої машини та підвищення якості створюваних нею упаковок за рахунок таких напрямів інноваційної діяльності: уніфікації типорозмірів функціональних модулів, збільшення їх універсальності за рахунок можливості виконання ними додаткових функцій, встановлення паралельно працюючих ФМ для підвищення продуктивності, одночасне запаковування кількох видів продукції в заданих дозах в одну чи окремі упаковки, доукомплектування машин додатковими модулями для створення упаковок різних типів, їх групування, підрахунку, вкладання в іншу тару.

1. Патент № 8907 У України, МПК 7 G01G11/00. Спосіб багатокомпонентного дозування сипкого матеріалу. / Акулін В.В., Бісюк В.А., Віхрова Л.Г., Бобрицький В.М. – № u200502779; Заявл. 28.03.2005; Опубл. 15.08.2005. Бюл. № 8. – 2 с.

2. Патент № 9758 С2 України, МПК 6 B65B9/06. Пристрій для виготовлення, наповнення продуктом і запечаткування пакетів з термопластичного матеріалу. Задворняк С.К., Кобиліох Б. П., Яхимович С.В., Гончарова І.В., Гунька І.Й. – № 95094074; Заявл. 07.09.1995; Опубл. 15.05.2002. Бюл. № 5. – 3 с.

3. Патент № 29678 А України, МПК B65B 9/00. Пристрій для виготовлення, наповнення та запечаткування пакетів з стрічкового термосклеювального матеріалу. / Босак М.Я. – № 96103857; Заявл. 09.10.1996; Опубл. 15.11.2000. Бюл. № 6. – 4 с.

4. Патент № 38477 U України, МПК В65В 9/00. Автомат для пакування сипких продуктів./ Піддубний Ю.О.– № u200904352; Заявл. 05.05.2009; Опубл. 25.09.2009. Бюл. № 18. – 8 с.
5. Патент № 44269 U України, МПК В65В 9/00. Виконавчий пристрій установки для виготовлення, наповнення і герметизації пакетів з термопластичної плівки. / Піддубний Ю.О.– № u200904352; Заявл. 05.05.2009; Опубл. 25.09.2009. Бюл. № 18. – 8 с.
6. Патент № 42895 U Пристрій дозування сипких матеріалів. / Бондарчук Д.В., Пальчевський Б.О. – № u200901791; Заявл. 02.03.2009; Опубл. 27.07.2009. Бюл. № 14. – 6 с.
7. Патент № 42896 U Спосіб дозування матеріалів. / Бондарчук Д.В., Пальчевський Б.О. – № u200901792; Заявл. 02.03.2009; Опубл. 27.07.2009. Бюл. № 14. – 5 с.
8. Патент № 55345 U1 Российской Федерации, МПК В65В 41/12. Устройство для центрирования упаковочного материала./Краснов Н.А.– №2006105095/22; Заявл. 08.02.2006; Опубл. 08.02.2006. Бюл. № 22.–2 с.
9. Патент № 71631 U1 Российской Федерации, МПК В65В19/34. Устройство для автоматического дозирования и упаковки сыпучих и штучных продуктов. / Скрыпник В.А., Селезнев С.О. – № 2007129359/22; Заявл. 30.07.2007; Опубл. 20.03.2008. Бюл. № 8. – 2 с.
10. Патент № 71632 U1 Российской Федерации, МПК В65В 53/02. Узел охлаждения пакетов термоусадочной упаковочной машины. / Антохин И.А., Фомин В.Л. – № 2006122359/22; Заявл. 22.06.2006; Опубл. 20.03.2008. – 2 с.
11. Патент № 75372 U1 Российской Федерации, МПК В65В 9/20. Фасовочно-упаковочная машина с устройством крепления пакетов к полосе./ Данишевский В.А., Селезнев П.А. – № 2008112395/22; Заявл. 31.01.2008; Опубл. 10.08.2008. Бюл. № 22. – 2 с.
12. Патент № 2096281 С1 Российской Федерации, МПК В65В9/06. Фасовочно-упаковочная машина. / Лукьянов С. В., Гноевых А. Е. – № 98109028/13; Заявл. 20.05.1998; Опубл. 27.06.1999. – 2 с.
13. Патент № 2096281 С1 Российской Федерации, МПК В65В9/06. Фасовочно-упаковочный вертикальный аппарат. / Феклин К.П. – № 98112004/13; Заявл. 02.07.1998; Опубл. 10.05.1999. – 2 с.
14. Ульянов В. Классификация оборудования для упаковки продуктов в термосвариваемые пакеты // Пакет. – 2004.– №2.
15. Ульянов В. Плоские пакеты // Пакет. – 2003.– №3.
16. Patent № 4512138 United States, В65В 9/00. Form, fill and seal machine with hot gas and thermal impuls sealing. Eddie L. Greenavalt, Lake Jackson. – № 354589; Filed Mar. 4, 1982. – 9 p.
17. Patent № 4571926 United States, В65В 9/10. Apparatus for forming, filling and depositing them into cartons. John W. Scully. – № 374002; Filed May. 3, 1982. – 15 p.
18. Patent № 4660356 United States, В65В 9/08. Step feed device for bag filling machine. Michael Paolo Simionato. – № 782675; Filed Oct. 2, 1985. – 5 p.
19. Patent № 4719741 United States, В65В 9/08. Cross seal cooling for vertical form, fill, seal apparatus. James R. Mabry. – № 938939; Filed Dec. 8, 1986. – 5 p.
20. Patent № 4800707 United States, В65В 9/10. Vertical form, fill and seal packaging machine with servo motor drive means. Horst Rabus, Broag Brook, Conn. – № 135175; Filed Dec. 4, 1987. – 10 p.
21. Patent № 4924656 United States, В65В 63.02. Forming, filling and sealing bags and depositing them into cartons. Lloyd Kovacs, Matthew R. Lind. – № 248796; Notice Feb. 28, 2006; Filed Sep. 23, 1988. – 35 p.
22. Patent № 5014497 United States, В65В 9/06. Method and apparatus for smoothing of bag making material in form, fill and seal machines. Michael J. McMahon. – № 490839; Filed Mar. 6, 1990. – 4 p.
23. Patent № 5048270 United States, В65В 9/06. Wrinkle free film spreader device for form, fill and seal machines. Michael J. McMahon. – № 470807; Filed Jan. 26, 1990. – 7 p.
24. Patent № 5054270 United States, В65В 9/20. Bag support/spreader vertical form, fill and seal machine. Michael J. McMahon. – № 493618; Filed Mar. 15, 1990. – 6 p.
25. Patent № 5485712 A United States, В65В 9/00. Method of handling film on a vertical form, fill and seal machine. Dale M. Cherney, Hovards Grove. – № 379849; Filed Jan. 27, 1995. – 10 p.
26. Patent № 5685132 A United States, В65В 9/20. Bag forming, filling and sealing machine. Barend Baastian Romijn. – № 640963; Filed Mar. 9, 1996. – 7 p.
27. Patent № 6212861 B1 United States, В65В 9/20. Forming, filling and sealing machine machine for standing pouch. Orihiro Tsuruta. – № 09595026; Filed Jun. 16, 2000. – 43 p.
28. Patent № 6826892 B2 United States, В65В 61/28. Vertical form, fill and seal machine for handling large pouches. Roland Basque. – № 10339826; Filed Jan. 9, 2003. – 17 p.