

М.В. ЯКИМЧУК О.М. ГАВВА А.П. БЕСПАЛЬКО
Л.О. КРИВОПЛЯС-ВОЛОДІНА С.В. ТОКАРЧУК

ПРОЕКТУВАННЯ ПАКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ІЗ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ

ЗА РЕДАКЦІЄЮ ДОКТОРА ТЕХНІЧНИХ НАУК,
ПРОФЕСОРА ГАВВИ О.М.

МОНОГРАФІЯ



ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	7
РОЗДІЛ 1. КОМПОЗОВАНІ РІШЕННЯ ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН.....	10
1.1. Структурні схеми обладнання для пакування сипкої харчової продукції у споживчу тару.....	10
1.1.1. Загальна характеристика технологій і способів пакування сипкої харчової продукції у споживчу тару.....	10
1.1.2. Структурні схеми обладнання для пакування сипкої продукції у споживчу упаковку.....	20
1.2. Машини для пакування в'язкої та пластичної продукції.....	33
1.2.1. Технології пакування в'язких та пластичних продуктів у споживчу тару.....	47
1.2.2. Характерні структурні схеми обладнання для пакування в'язких продуктів у споживчу тару.....	59
1.2.3. Характерні структурні схеми обладнання для пакування пластичних продуктів у споживчу тару.....	67
1.2.4. Типові конструктивні схеми обладнання для пакування в'язких та пластичних продуктів у різні види та типи тари.....	73
1.3. Структурні схеми обладнання для групового пакування	73
1.3.1. Технології формування та способи скріплення групової упаковки.....	73
1.3.2. Структурні схеми обладнання для групового пакування.....	88
1.4. Структурні схеми пакетоформуючого і пакеторозформуючого обладнання.....	110
1.4.1. Загальні відомості та класифікація.....	110
1.4.2. Характерні структурні схеми обладнання для формування транспортних пакетів із тарних вантажів.....	119
1.4.3. Характерні структурні схеми машин для формування транспортних пакетів із споживчих упаковок.....	133
1.4.4. Типові конструктивні схеми обладнання для формування транспортних пакетів.....	141
1.5. Огляд та аналіз типових функціональних модулів пакувального обладнання.....	147
1.5.1. Типові модулі горизонтального та вертикального переміщення й повороту.....	147
1.5.2. Типові модулі захоплювання.....	156

1.5.2.1. Огляд та аналіз конструкцій механічних пристроїв захоплювання.....	164
1.5.2.2. Огляд та аналіз конструкцій вакуумних пристроїв захоплювання.....	171
1.5.2.3. Огляд та аналіз конструкцій комбінованих захоплювальних пристроїв.....	178
1.5.2.4. Огляд та аналіз конструкцій магнітних захоплювальних пристроїв.....	184
1.5.3. Аналіз конструкцій приводів у функціональних модулях пакувального обладнання.....	187
1.5.4. Характеристика елементної бази схем керування в пакувальному обладнанні.....	202
1.5.5. Характеристика елементної бази схем зворотного зв'язку в функціональних модулях пакувального обладнання.....	206
Висновок до розділу.....	211
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ПАКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ.....	213
2.1. Зв'язки та загальні об'єктивні закономірності формування пакувального обладнання з мехатронних модулів.....	217
2.2. Наукове підґрунтя для створення методології проектування пакувального обладнання на основі мехатронних модулів.....	217
2.2.1. Основи процесу проектування пакувального обладнання з мехатронних модулів.....	217
2.2.2. Методика побудови структури пакувального обладнання з мехатронних модулів на засадах SADT-методології.....	221
2.3. Оптимізація структури нового пакувального обладнання за критеріями ефективності.....	241
2.3.1. Критерії ефективності пакувального обладнання з мехатронних модулів.....	241
2.3.2. Порівняльний аналіз пакувального обладнання з мехатронних модулів за критерієм енерговитрат.....	255
РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ ПАКУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ МЕХАТРОННИМИ МОДУЛЯМИ.....	270
3.1. Аналіз та синтез законів руху робочих органів мехатронних модулів для виконання пакувальних операцій	270
3.2. Обґрунтування вибору сигналу керування мехатронного модуля для операцій пакування.....	278

3.2.1. Вхідний сигнал керування мехатронного модуля для операцій зіштовхування по нерухомій площині.....	278
3.2.2. Вхідний сигнал керування мехатронного модуля для операцій зіштовхування з нерухомої несучої площини на нерухому поверхню формування.....	291
3.2.3. Вхідний сигнал керування мехатронного модуля для операцій зіштовхування з рухомої несучої площини на нерухому поверхню формування.....	300
3.3. Обґрунтування сигналу керування мехатронним модулем для виконання технологічних операцій піднімання та опускання.....	306
РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ ЗАХОПЛЮВАННЯ.....	317
4.1. Синтез систем керування мехатронних модулів захоплювання.....	317
4.2. Вплив пористих пакувальних матеріалів на зусилля утримання пакувальної одиниці мехатронним модулем із вакуумним захоплювальним елементом.....	322
4.2.1. Визначення раціональних значень діаметра присмоктувача вакуумного захоплювального пристрою для упаковок з пористих матеріалів.....	326
4.3. Вплив коливальних процесів у мехатронних модулях із вакуумними гофроприсмоктувачами на зусилля утримання пакувальної одиниці.....	330
4.4. Вплив зміщення осі контакту присмоктувача відносно центру тяжіння пакувальної одиниці на зусилля її утримання.....	337
4.5. Розподілення зусилля утримання між елементами захоплювання в комбінованих мехатронних модулях.....	342
4.6 Вплив параметрів захоплювальних мехатронних модулів на продуктивність потокових ліній пакування.....	350
РОЗДІЛ 5. РЕАЛІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЙ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ.....	364
5.1. Режими роботи мехатронних модулів під час виконання пакувальних операцій на базі використання типової конструкції пневматичного приводу слідкування.....	364
5.2. Нові функціональні мехатронні модулі лінійного переміщення з пневмоприводом для піднімання, опускання, переміщення та зіштовхування пакувальної одиниці.....	378

5.2.1. Синтез схем керування мехатронним модулем із пневмоприводом із компенсацією впливу непродуктивних втрат стисненого повітря з пневматичної системи.....	378
5.2.2. Розроблення функціональних мехатронних модулів лінійного переміщення із пневмоприводом для реалізації позиціонування та вистоювання під час піднімання та опускання пакувальної одиниці на базі використання пропорційних регуляторів тиску.....	412
5.3 Мехатронні модулі із вакуумними захоплювальними елементами.	433
5.3.1. Зусилля відриву від вакуумних захоплювальних елементів пакувальної одиниці із пористого пакувального матеріалу.....	433
5.3.2. Зусилля відриву від механічних та комбінованих захоплювальних елементів.....	471
5.4. Режими роботи мехатронних модулів із лінійним електродвигуном для операцій піднімання та опускання структурних елементів групової упаковки.....	448
РОЗДІЛ 6. ПЕРСПЕКТИВИ СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ПАКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	460
6.1 Розвиток пакувальних машин IV та V поколінь.....	460
6.2 Четверта промислова революція та розвиток пакувального обладнання.....	475
ЛІТЕРАТУРА.....	485

ПЕРЕДМОВА

Сьогодні розроблення, створення та впровадження нового покоління систем автоматичного і автоматизованого управління на базі досягнень в області механіки, автоматики, електроніки та інформатики мехатронних систем – є пріоритетним напрямком розвитку науки і технологій. Досягнення в області мехатроніки є визначним у формуванні нового технологічного базису, який обумовлює та визначає рівень технологічного переоснащення і технічний прогрес у найважливіших сферах економіки.

Методологічною основою розробки мехатронних систем є методи паралельного проектування (concurrent engineering methods). Парадигма паралельного проектування заключається в одночасному і взаємозв'язному синтезі всіх компонентів системи. Так, при традиційному проектуванні машин із комп'ютерним управлінням послідовно здійснюється розроблення механічної, електронної, сенсорної і комп'ютерної частин системи, а потім вибір інтерфейсних блоків. У сучасних мехатронних системах для забезпечення високої якості реалізації складних і точних рухів застосовують методи інтелектуального управління (advanced intelligent control). Ця група методів базується на нових ідеях у теорії управління, сучасних апаратних і програмних засобах обчислювальної техніки.

Метою проектування модулів та систем мехатроніки є одержання конструкторської документації для їх виготовлення. Проектування таких об'єктів пов'язано із розв'язанням таких завдань: погодження роботи окремих компонентів об'єкта проектування для виконання своїх функцій; вибір компонентів майбутнього об'єкта; визначення структури об'єкта; одержання заданих характеристик об'єкта та інші.

Для одержання високих показників ефективності проектування застосовують підхід, що базується на аналізі та синтезі структури об'єктів та систем.

Мінімізувати часові витрати на виконання етапів проектування можна за рахунок багатократного використання однотипних модулів.

Модульний підхід передбачає виконання таких основних етапів: вибір принципу функціонування об'єкта; побудова процесу функціонування і поділення процесу на функціональні модулі із визначенням вимог до них; розкриття процесів у функціональних модулях та їх деталізація до окремих операцій (перетворень); підбір засобів виконання операцій та їх об'єднання в функціональні модулі; імітація роботи модулів та їх налагодження відповідно до вимог; об'єднання моделей модулів у модель об'єкта; імітація та налагодження роботи моделей об'єкта; вибір конструкційних рішень елементів для використання операцій; компоновання конструкцій елементів в об'єкт.

Сучасні зразки пакувального обладнання – це складні технічні системи, побудовані на агрегатно – модульному принципі. Тенденцією розвитку пакувальних машин передбачено що новітні зразки такого обладнання – інтегральні технічні комплекси, створені на базі мехатронних функціональних модулів, кожен із яких є як функціонально, так і конструктивно самостійним виробом із великою кількістю синергетично зв'язаних між собою характеристик та параметрів, призначені для реалізації технологій пакування.

Методологія проектування пакувальних машин із мехатронних модулів подібна до існуючих методологій проектування мехатронних модулів та систем, але має суттєві відмінності у виконуваних функціях, що потребує проведення додаткових фундаментальних досліджень як структури пакувальних машин і мехатронних модулів, так і їх конструкційних, експлуатаційних характеристик.

Метою написання монографії є висвітлення основних результатів дослідження мехатронних модулів пакувальних машин, синтезу та аналізу структури машин із мехатронних модулів та реалізація сформованого підходу

їх проектування.

Архітектоніка монографії включає шість розділів, в яких розглянуто:

- синтез структурних схем машин для пакування продукції у споживчу тару, формування групової та збільшеної упаковки;
- методологію створення пакувальних машин на основі мехатронних модулів;
- реалізацію пакувальних операцій мехатронними модулями;
- синтез та аналіз мехатронних модулів захоплювання;
- реалізацію конструкцій мехатронних модулів переміщення;
- перспективи розвитку інтелектуальних пакувальних машин.

Поглиблене вивчення питань моделювання та проектування мехатронних модулів та пакувальних машин із них відкривають широкі можливості як у створенні і вдосконаленні, так і під час роботи над новими перспективними, еволюційно новими машинами.

Автори вдячні рецензентам, докторам технічних наук, професорам Сухенку Ю.Г., Мікульонку І.О., Регею І.І., за згоду висловити свої критичні зауваження та побажання при підготовці рукопису до друку.

РОЗДІЛ 1.

КОМПОЗИЦІЙНІ РІШЕННЯ ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН

1.1. Структурні схеми обладнання для пакування сипкої харчової продукції у споживчу тару

1.1.1. Загальна характеристика технологій і способів пакування сипкої харчової продукції у споживчу тару

Різноманітність способів і технологій пакування сипкої харчової продукції у споживчу тару та упаковку викликані в першу чергу великою гамою структурно-механічних властивостей продукції, в другу – різноманітністю споживчої упаковки і в третю – умовами зберігання, транспортування і реалізації товару.

На сьогодні ефективно реалізуються два основних способи пакування сипкої харчової продукції у споживчу тару [1, 2].

Перший спосіб передбачає одночасне виготовлення упаковки з пакувальних матеріалів та фасування продукції. Здебільшого така упаковка не має стабільної форми.

Другий спосіб базується на використанні тари, яка попередньо виготовлена і послідовно подається до місця фасування продукції. Для виконання такого способу пакування сипкої харчової продукції сформована тара може мати як стабільну конфігурацію, постійні розміри та відповідну жорсткість і міцність, так і бути м'якою.

Типовий технологічний процес пакування харчової сипкої продукції у споживчу упаковку можна навести сукупністю послідовно виконуваних операцій (рис. 1.1). Кожну із наведених технологічних операцій, залежно від виду і типу споживчої тари, характеристики сипкої продукції, цільового призначення процесу пакування (в атмосферних умовах, вакуумне, асептичне тощо) можна навести сукупністю окремих простих етапів. Найбільш характерним етапом в усіх технологічних схемах пакування сипкої харчової продукції є операція дозування та фасування.

Модулі для дозування і фасування сипких харчових продуктів можна систематизувати за:

- принципом дії – об'ємні, вагові, комбіновані;
- структурою робочого циклу – безперервні та періодичні;
- ступенем керування – ручне, автоматичне з програмним управлінням різних рівнів;
- видом робочих органів та їх рухів – стаканчик (нерухомий), маятник (коливальний), шнек (обертальний) тощо.



Рис. 1.1. Технологічна схема процесу пакування сипкої харчової продукції у споживчу упаковку

Використання об'ємного, вагового чи комбінованого дозаторів вирішується залежно від специфіки та структурно-механічних властивостей сипких продуктів, маси одиничної дози тощо [3, 4]. Так, харчові сипкі продукти, залежно від розмірів частинок, як об'єкт пакування умовно можна поділити на три групи.

Перша група включає харчові продукти з розміром частинок фракції від

0,02 до 0,6 мм. До них відносять: какао, молочний та яєчний порошок, борошно, порошкові і макаронні суміші. Для дозування таких продуктів використовують шнекові дозатори, які встановлюють вертикально в середині бункера [5-8]. Дискретне обертання шнека з певною частотою забезпечує ущільнення і подача необхідної дози продукту в споживчу упаковку. Об'єм порції продукту оцінюють параметрами шнека та частотою його обертання. Такі пристрої застосовують при дозуванні як невеликих, так і значних порцій сипкої харчової продукції (від 0,05 кг до 5 кг).

Друга група харчових продуктів характеризується розмірами фракції від 0,6 до 6 мм. Найбільш поширеними харчовими продуктами другої групи є: сіль, цукор-пісок, короткорізанні макаронні вироби, рис, горох, гречка, пшоно і т.п. Для фасування таких видів продуктів широко застосовують об'ємні дозатори стаканчикового, шибєрного, маятникового типу тощо. Регулювання дози здійснюється зміною об'єму мірних ємностей. Зокрема, при масі дози до 1 кг технічна продуктивність пакувального обладнання може складати до 100уп/хв.

Третя група включає важкоплинні крупнокускові сипкі харчові продукти з розміром частинок більше 6 мм. Це горіхи, сухі сніданки, чай, кава в зернах тощо. Для дозування таких продуктів застосовують вагові дозатори лінійного типу [9, 10]. У таких дозаторах живильниками є послідовно розташовані віброканали, якими подається харчовий продукт у зважувальні ємності. Отримання необхідної дози здійснюється за рахунок розділення продукту на два потоки – грубого, швидкісного дозування і точного дозування - досипання. На точність дозування за таким способом впливає фракційний склад продукту, його фізико-механічні властивості, характеристики навколишнього середовища [11]. Класифікація дозаторів для сипких харчових продуктів наведена на рис. 1.2. Відповідно до наведених особливостей дозування пакувальне обладнання для фасування сипкої продукції умовно поділяють на дві групи.

Перша група характеризується застосуванням вертикальної схеми компоновки виконання технологічних операцій фасування та руху споживчої упаковки. Для такої схеми фасування традиційно використовують полімерну «м'яку» упаковку. Основними технологічними операціями першої групи обладнання є формування споживчої упаковки з полімерних плівок, дозування сипкої харчової продукції, фасування дозованої продукції, зварювання та відрізання заповненої споживчої упаковки.

Друга група обладнання для фасування сипкої продукції характеризується застосуванням горизонтальної схеми руху споживчої упаковки та вертикальної компоновки виконання технологічних операцій дозування та фасування [12-18]. У подальшому така група обладнання буде визначатись як обладнання за горизонтальною схемою компоновання. Основними технологічними операціями другої групи обладнання є виготовлення або подача «напівжорстких» або «жорстких» упаковок, дозування та фасування сипкої харчової продукції, герметизація тари.

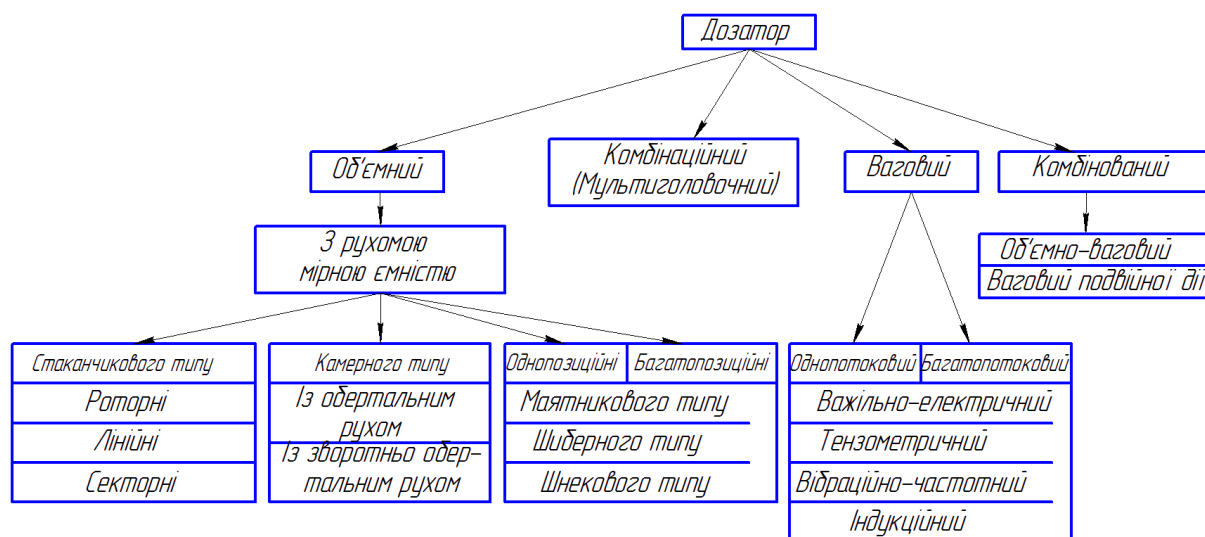


Рис. 1.2. Класифікація дозаторів для сипких харчових продуктів

Для аналізу всіх можливих схем технологічних процесів пакування сипких харчових продуктів розроблено графи технологічних процесів. Наведені графи відображають лише наявність та порядок виконання окремих операцій технологічного процесу пакування сипкої харчової продукції.

Слід зазначити, що в обладнанні за вертикальною та горизонтальною схемами компоновання операція дозування та фасування є типовою, послідовність виконання етапів якої наведена на рис.1.3.



Рис. 1.3. Граф операції дозування і фасування сипкої продукції

До характерних етапів операції дозування та фасування відносять: 1.1 – завантаження сипкої харчової продукції в бункер; 4.1 – транспортування сипкої продукції в дозатор; 5.1 – формування дози; 8.1 – фасування утвореної дози.

Технологічні операції фасування в пакувальному обладнанні за вертикальною схемою компоновання виконуються одночасно з операцією виготовлення споживчої упаковки з полімерної плівки або комбінованого матеріалу, наведені у вигляді графа на рис.1.4.

До типових технологічних операцій фасування сипкої харчової продукції на пакувальному обладнанні за вертикальною схемою компоновання можна

віднести: 9.1 – подача пакувального матеріалу з рулону; 11.1 – формування рукава; 12.1 – зварювання поздовжнього шва; 13.1 – протягування плівки; 17.1 – зварювання поперечного шва; 19.1 – відрізання заповненої споживчої упаковки; 20.1 – переміщення заповненої споживчої упаковки відвідним конвеєром.



Рис. 1.4. Граф технологічного процесу пакування сипкої харчової продукції на пакувальному обладнанні за вертикальною схемою компонування в м'яку споживчу упаковку

Процес пакування сипкої харчової продукції за вертикальною схемою компонування має певні недоліки, серед яких - обмеження за продуктивністю, що є наслідком кінематичних обмежень руху робочих органів під час формування рукава; підвищені вимоги до фізико-механічних властивостей пакувальних матеріалів, які пов'язані з якістю процесу зварювання. Характерною технологічною особливістю такого пакувального обладнання є наявність в усіх схемах операцій формування рукава, протягування полімерної стрічки та зварювання.

У пакувальному обладнанні за горизонтальною схемою компонування операції фасування сипкої харчової продукції виконуються одночасно з виготовленням споживчої упаковки або транспортуванням готової, попередньо виготовленої тари (рис. 1.5).

До характерних операцій пакування сипкої харчової продукції на пакувальному обладнанні за горизонтальною схемою компонування можна віднести: 23.1 – виділення одиничної заготовки з магазину; 24.1-27.1 – формування споживчої упаковки; 30.1 – закривання верхніх клапанів; 36.1 – нанесення інформації; 37.1 – переміщення заповненої споживчої упаковки відвідним конвеєром.

Серед переваг пакувального обладнання за горизонтальною схемою компонування є використання готових споживчих упаковок; пакування сипкої продукції в комбіновану багатокомпонентну споживчу упаковку тощо. Характерною технологічною ознакою такого обладнання є наявність в усіх схемах операцій подачі порожньої споживчої тари або її заготовки, позиціонування та відведення заповненої упаковки [19-23].

Окремим напрямком використання пакувального обладнання за горизонтальною схемою компонування є пакування сипкої харчової продукції в комбіновану багатокомпонентну упаковку, яка традиційно складається з пакування сипкого харчового продукту в споживчу м'яку упаковку з подальшим її пакуванням у напівжорстку або жорстку упаковку. Така

упаковка застосовується для пакування мюслі, вівсяних пластівців, кави тощо.



Рис.1.5. Граф технологічного процесу пакування сипкої харчової продукції на пакувальному обладнанні за горизонтальною схемою компонування в напівжорстку та жорстку споживчу упаковку

Технологічні операції пакування сипкої харчової продукції в комбіновану упаковку наведено на рис. 1.6

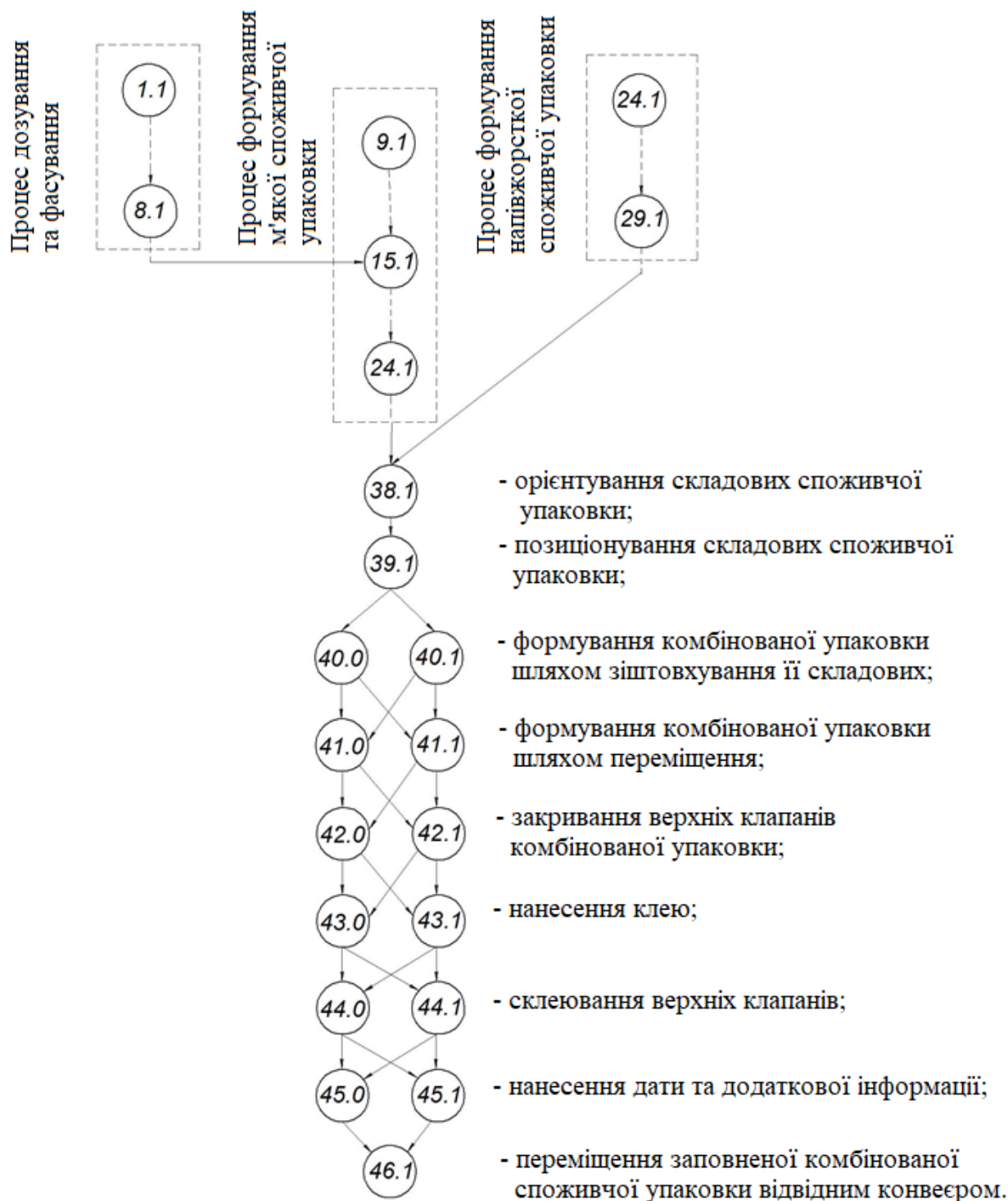


Рис.1.6. Граф технологічного процесу пакування сипкої харчової продукції на пакувальному обладнанні за горизонтальною схемою компоновання в комбіновану споживчу упаковку

Виконавши аналіз розроблених типових структурних графів технологічних процесів пакування сипкої продукції в споживчу упаковку пакувальним обладнанням за вертикальною та горизонтальною схемами компоновки, визначено раціональну послідовність виконання технологічних операцій, функціональні модулі для їх реалізації та встановлено логічні зв'язки між ними, які наведено на рис. 1.7 та рис. 1.8.

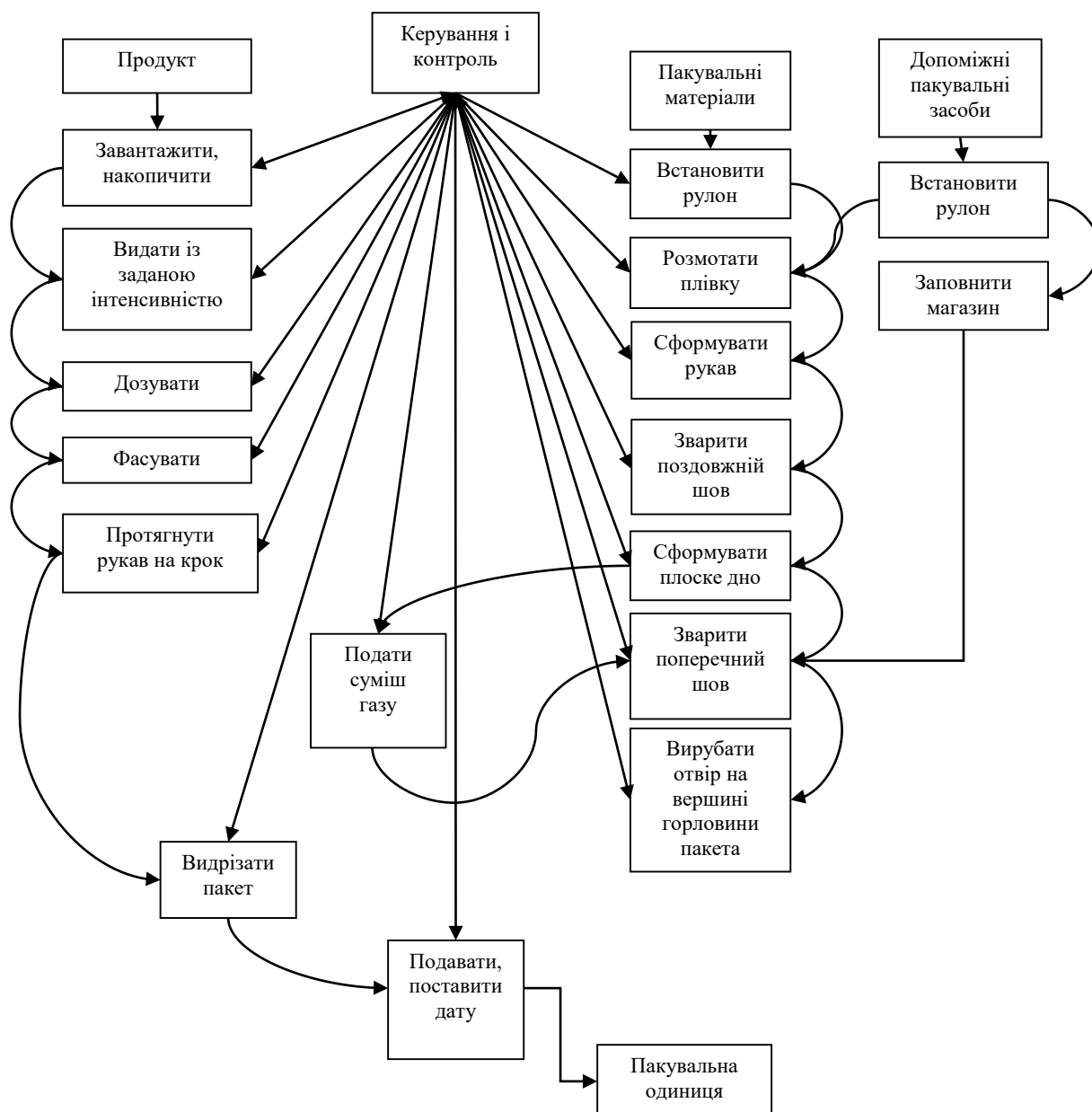


Рис. 1.7. Логічні зв'язки взаємодії функціональних модулів в технологічному процесі пакування сипкої продукції в полімерну упаковку

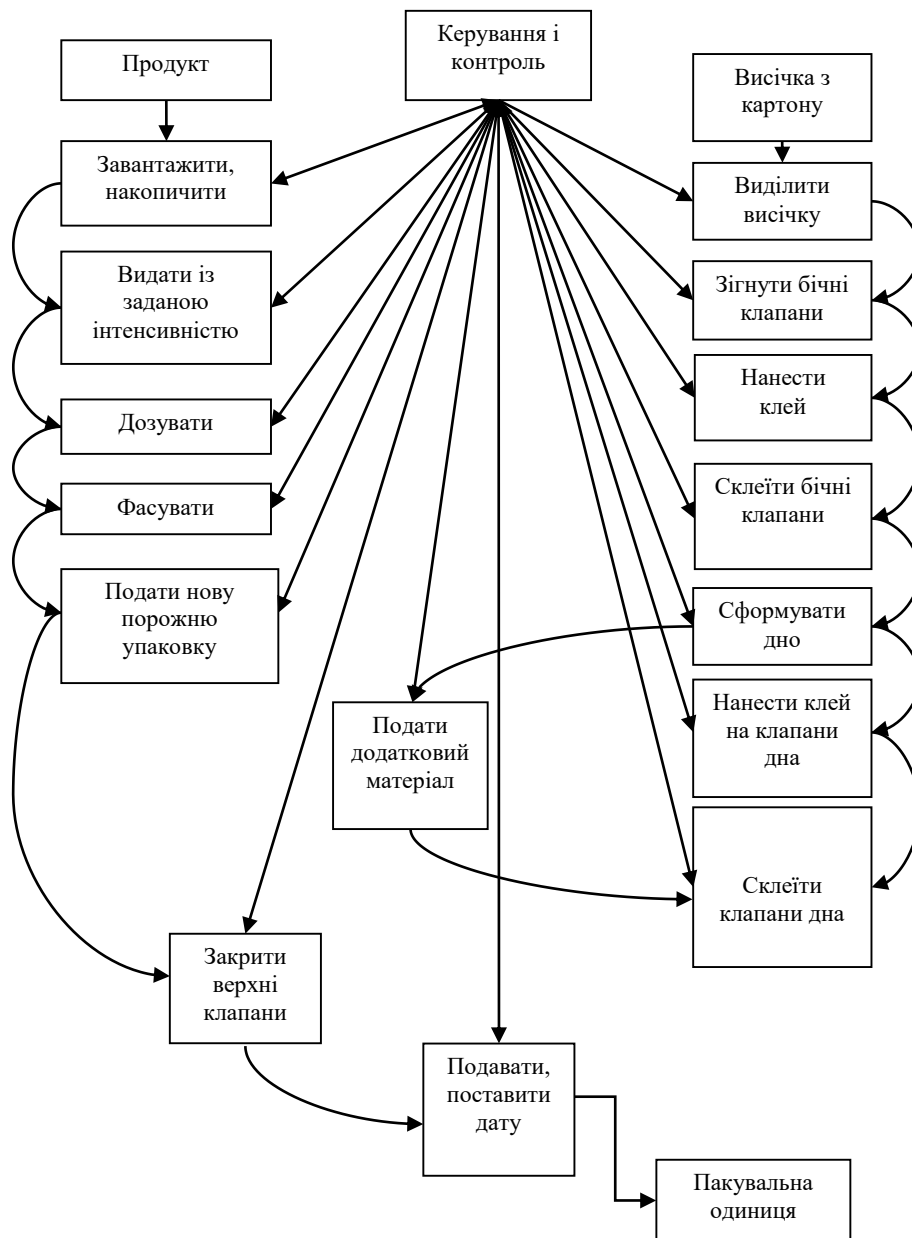


Рис. 1.8. Логічні зв'язки взаємодії функціональних модулів в технологічному процесі пакування сипкої продукції в картонну упаковку

1.1.2. Структурні схеми обладнання для пакування сипкої продукції у споживчу упаковку

Для об'єктивного порівняння структур вертикальної схеми компоновки пакувальних машин за різними технологічними схемами пакування сипких продуктів розглянуто їх конструкції за ознаками: продуктивність, габаритні розміри пакувального обладнання, вид матеріалу, розміри споживої упаковки

та тип дозатора [10-16]. Результати аналізу наведено у таблиці 1.1.

З аналізу встановлено, що таке обладнання характеризується жорсткими циклами технологічного процесу, а його переналагодження на інші розміри споживчої упаковки можливе лише за умови часткової заміни робочих органів функціональних модулів. До основних переваг використання такого обладнання можна віднести пакування сипкої харчової продукції в м'яку споживчу упаковку застосуванням великої лінійки типорозмірів споживчих упаковок тощо. Кількість типових модулів у такому обладнанні та їх функціональне призначення залежить від конструкції споживчої упаковки.

Найбільш характерна схема пакування сипкої харчової продукції в м'яку упаковку передбачає використання таких модулів: утримання та розмотування рулону; формування рукава; поздовжнього зварювання рукава; дозування та фасування; поперечного зварювання та відрізання споживчої упаковки; нанесення інформації та видача пакувальних одиниць.

Значна частина зазначених модулів має можливість конструктивного переналагодження із заміною деяких їх елементів. До таких переналагоджень відносяться: зміна положення робочих органів у модулях поздовжнього та поперечного зварювання, часткова зміна форм притискних елементів та величин їх переміщення в модулях протягування. За ступенем складності переналагодження обладнання для пакування сипких продуктів можна умовно поділити на дві групи. Перша група характеризується найменшою складністю і включає обладнання, в якому переналагодження пов'язане з можливою зміною лише висоти споживчої упаковки та дози сипкої харчової продукції.

Друга група є більш складною щодо переналагодження і характеризується додатковою необхідністю зміни конструкції споживчої упаковки (наприклад, з плоским дном або без нього), використанням додаткових елементів пакування та різних видів пакувальних матеріалів тощо.

Таблиця 1.1

Зведені характеристики пакувальних машин вертикальної схеми компоновки

№	Марка обладнання та виробник	Ілюстрація обладнання	Габаритні розміри: довжина /ширина /висота	Продуктивність	Вид упаковки	Характеристика матеріалу	Розміри упаковки: довжина /ширина (макс.), мм	Продукція	Дозатор
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	АОД, «Інтермаш»		800/1200 /2500	до 30 уп/хв	пакет типу «подушка» та «стоячий пакет»	поліпропілен, багат шарові плівки	240/300 (340)	харчові продукти з розмірами фракції від 0,6 до 6 мм	об'ємний
2	АФ-120-ОМ, «PackTech»		100/ 1200 /2200	1800-7200 уп/год	стік-пакет	ламінований папір, дуплекс, триплекс	200 /17(35)	цукор, сіль, перець, спеції, кава	об'ємний

Продовження таблиці 1.1

3	АВД, «Інтермаш»		1000× 1500× 2800	до 40 пакетів за хвилину	пакет типу «подушка», «стоячий пакет»	поліпропилен, багатошарова плівка	40/340(400)	харчові продукти з розмірами фракції від 0,6 до 6 мм	ваговий
4	PAS-41, «Сайленс»		2200× 1200× 2650	28-45 пакетів за годину	пакети	полімерна плівка	20/260(300)	харчові продукти з розмірами фракції від 0,6 до 6 мм	об'ємний
5	Машина- автомат вертикальна «АБД», «IPICO»		950×950 ×2700	до 40 уп/хв	Тришовний пакет	полімерна плівка	220×360(400)	круп, цукор, сухарики, горішки, чіпси, пельмені	об'ємний або ваговий

Всі пристрої та механізми в такому обладнанні для пакування сипких харчових продуктів можна поділити на три види за функціональною ознакою (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Узагальнена структура обладнання для пакування сипких харчових продуктів у «м'яку» полімерну споживчу упаковку

До першого виду відносять основні механізми, які виконують операції дозування та фасування. Другий вид об'єднує допоміжні пристрої, які

забезпечують механізми формування рукава, поздовжнього та поперечного зварювання, утримання та орієнтування плівки, пилоуловлення тощо. Третій вид складається з додаткових пристроїв, що виконують контрольнo-вимірювальні операції за рахунок використання систем зворотного зв'язку з елементами контролю.

До додаткових пристроїв відносять пристрої контактного та безконтактного контролю положення робочих органів, структурних елементів споживчої упаковки, сипкого продукту тощо. Керування основними, допоміжними та додатковими функціональними модулями забезпечується загальною електронною системою, яка синхронізує їх роботу відповідно до заданого технологічного процесу пакування сипкої харчової продукції у споживчу тару.

Результати огляду структур пакувальних машин горизонтальної схеми компоновки за різними технологічними схемами пакування сипких продуктів наведено у таблиці 1.2.

З аналізу встановлено, що пакувальне обладнання такого типу характеризується пакуванням сипкої продукції в напівжорстку або жорстку споживчу упаковку, яка виготовлена з картону або жорсткого полімеру. До основних недоліків такого обладнання можна віднести: великі габаритні розміри, багатоопераційність, відносно низьке значення коефіцієнта технічного використання [12].

До переваг - велику лінійку типорозмірів споживчої упаковки. Типова схема пакування сипкої харчової продукції в напівжорстку упаковку передбачає використання таких модулів: виділення одиначної заготовки; формування споживчої упаковки; орієнтування упаковки; дозування та фасування; закривання клапанів; нанесення інформації; видалення пакувальної одиниці із машини.

Перераховані модулі мають можливість конструктивного переналагодження із заміною частини їх елементів.

Таблиця 1.2

Зведені характеристики пакувальних машин горизонтальної схеми компоновки

№	Марка обладнання	Ілюстрація обладнання	Габаритні розміри: довжина /ширина /висота	Продуктивність	Вид упаковки	Характеристика матеріалу	Розміри упаковки: довжина /ширина (макс.), мм	Продукція	Дозатор
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	АФ-35-СГВ, «PackTech»		4100/ 1300 / 1900	400-1800 уп/год	пакет-саше	поліпропілен, дуплекс, тріплекс, нейлон, фільтр ламінований папір	65- 150/50(120)	перець, чай, цукор, спеції, приправи	ваговий дозатор
2	АФ-35-СГШ, «PackTech»		4100/1300 /1600	1500-1800 уп/год	порційна 3-и або 4-и шовна упаковка типу"саше"	поліпропілен, дуплекс, тріплекс, ламінований папір	65-150/(50- 120)	цукрова пудра, медичні та космето- логічні порошки, перець, спеції	об'ємний
3	Машина-автомат «ДОЙ-ПАК», «PRICO»		3000/850 /1700	30-40, 50* уп/хв	пакет типу «Дой-пак»	багатошарові полімерні плівки	150×245 (300)	спеції	об'ємний

До таких переналаджувань відносять: зміна положення напрямних механізму формування споживчої упаковки; регулювання величини дози; зміна переміщення робочих органів закривання клапанів тощо.

Усі пристрої та механізми в обладнанні за горизонтальною схемою компоновки для пакування сипких харчових продуктів можна поділити на три види за функціональною ознакою (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Узагальнена структура обладнання для пакування сипких харчових продуктів у картонну споживчу упаковку

До першого виду відносять основні механізми, які виконують операції дозування, фасування сипкої продукції, переміщення та ущільнення. Другий вид об'єднує допоміжні пристрої, які забезпечують формування напівжорсткої або жорсткої споживчої упаковки, її утримання та

орієнтування. Третій вид складається з додаткових пристроїв, що виконують контрольні-вимірювальні операції за рахунок використання систем зворотного зв'язку з елементами контролю. До додаткових пристроїв відносять пристрої контактного та безконтактного контролю положення робочих органів, структурних елементів споживчої упаковки, сипкого продукту, нанесення інформації тощо.

З аналізу типових структур обладнання за горизонтальною схемою компоновки для сипких харчових продуктів можна зробити висновок про функціональну його обмеженість. Наприклад, досить складно реалізувати нагальні вимоги сьогодення щодо забезпечення різних технологічних процесів пакування в одній машині та швидке переналагодження обладнання при їх зміні.

Системний підхід до аналізу конструкцій обладнання для пакування сипких харчових продуктів доречно виконувати шляхом розгляду їх будови у вигляді концептуальних моделей.

Пакувальні машини для пакування сипкої харчової продукції характеризують різноманітністю компонувань, які можна розрізнити за наступними ознаками: за характером міжопераційного переміщення продукції; за розташуванням у просторі; за видом пакованої продукції (рис. 1.11.).

Аналіз конструкцій обладнання для пакування сипкої харчової продукції показує, що кожний виробник машинобудівної продукції пропонує на ринок як одиничні зразки пакувального обладнання, так і широкий спектр їх модифікацій.

На основі аналізу новітніх конструкцій пакувального обладнання для пакування сипких харчових продуктів у споживчу тару побудовано функціонально-модульні структури такого типу пакувального обладнання у вигляді структурних s-моделей [24].



Рис. 1.11. Класифікація компонувань машин для пакування сипкої харчової продукції

Узагальнена функціонально-структурна схема (s-модель) машини для пакування сипкої продукції за вертикальною схемою компоновки наведена у вигляді «І-АБО» дерева на рис.1.12, а для пакування сипкої харчової продукції за горизонтальною схемою компоновки на рис.1.13. Наведені графи відображають типові структури функціонально-модульної будови машин кожної групи, а також показують взаємозв'язки між їх модулями.

Поряд із цим визначено типові функціонально-структурні схеми пакувальних машини для фасування сипкої харчової продукції: за вертикальною схемою компоновки в полімерну споживчу упаковку (рис. 1.14); за горизонтальною схемою компоновки в картонну споживчу упаковку (рис. 1.15).

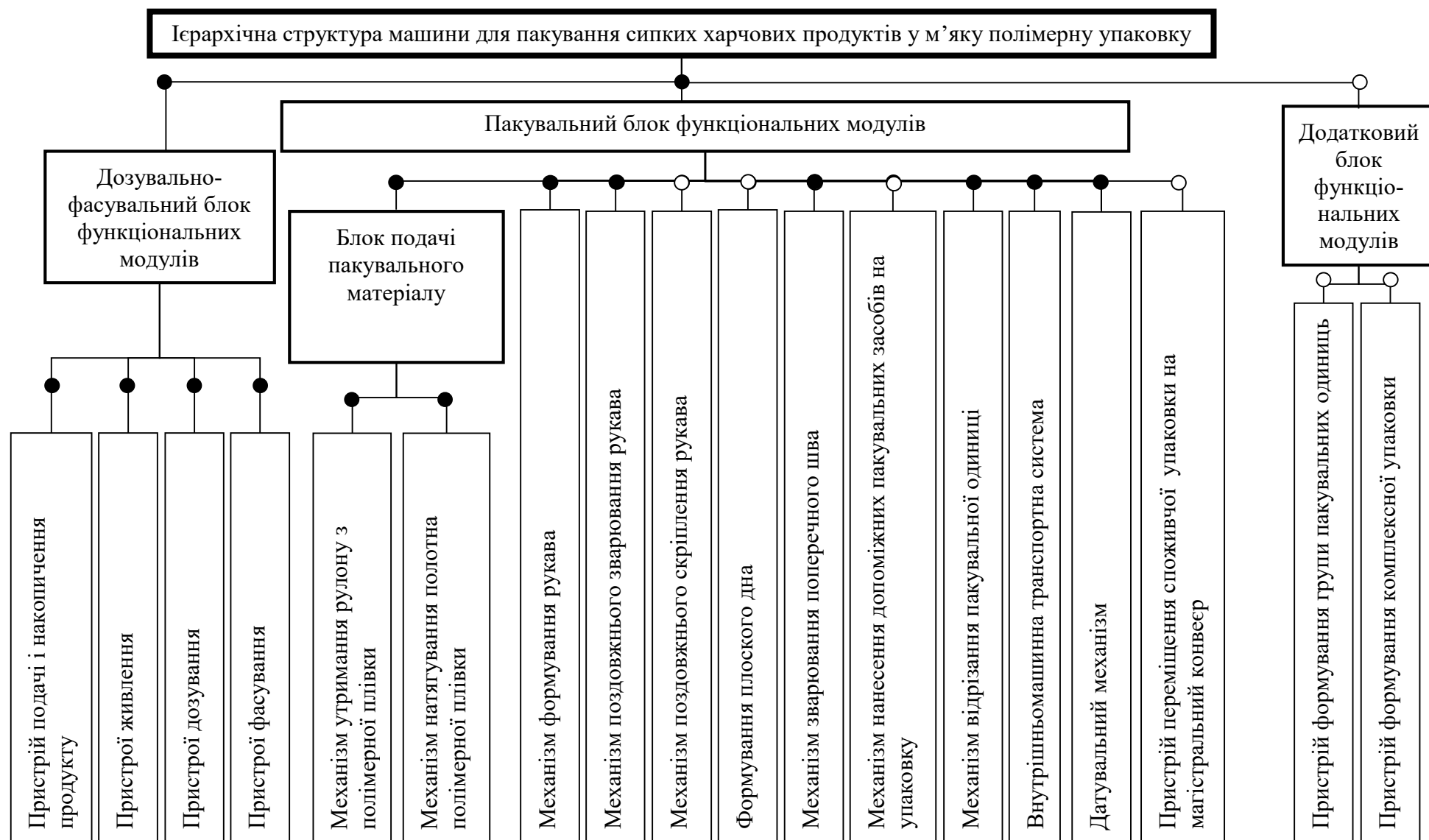


Рис. 1.12 Узагальнений граф ієрархічної структури машини для пакування сипкого продукту в полімерну упаковку:

● - вершини зв'язані «та», ○ - вершини зв'язані «або»

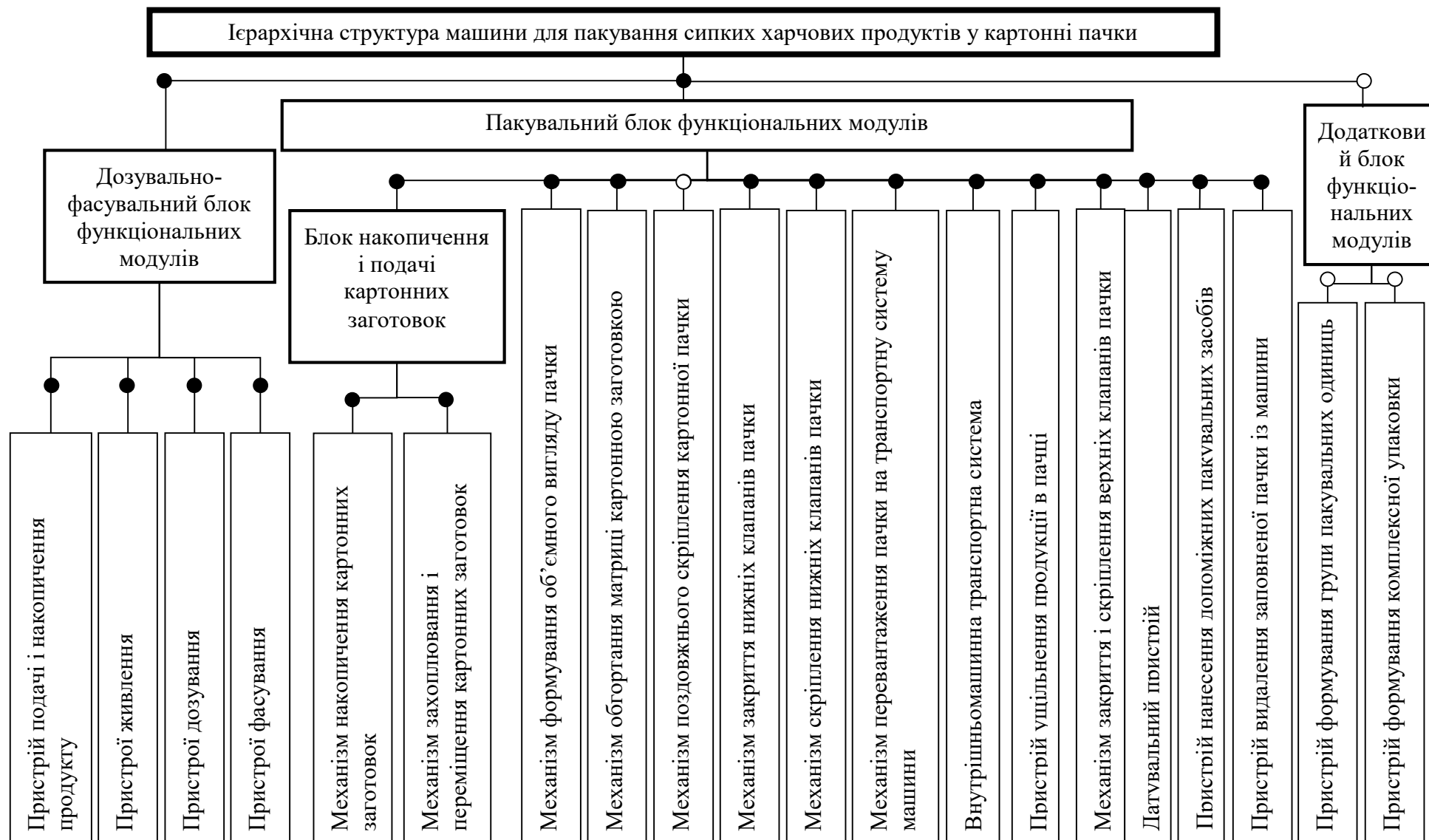


Рис. 1.13 Узагальнений граф ієрархічної структури машини для пакування сипкого продукту в картонні пачки:
 ●- вершини зв'язані «та», ○- вершини зв'язані «або»

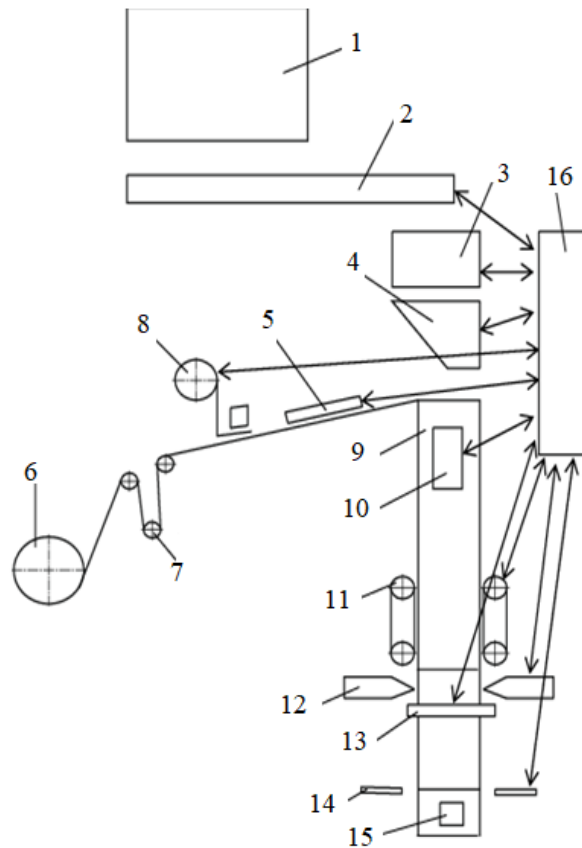


Рис. 1.14. Узагальнена функціонально-структурна схема машини для пакування сипкої продукції в полімерну споживчу упаковку: 1-бункер; 2-живильник; 3-дозатор; 4-фасувальний пристрій; 5-пристрій центрування пакувального матеріалу; 6-рулонотримач; 7-пристрій амортизації плівки; 8-пристрій нанесення допоміжних пакувальних засобів; 9-рукавоутворювач; 10-пристрій поздовжнього зварювання; 11-механізм протягування рукава; 12-механізм формування плоского дна пакету; 13-пристрій поперечного зварювання; 14-механізм відрізання пакету; 15-датувальний механізм; 16-блок керування

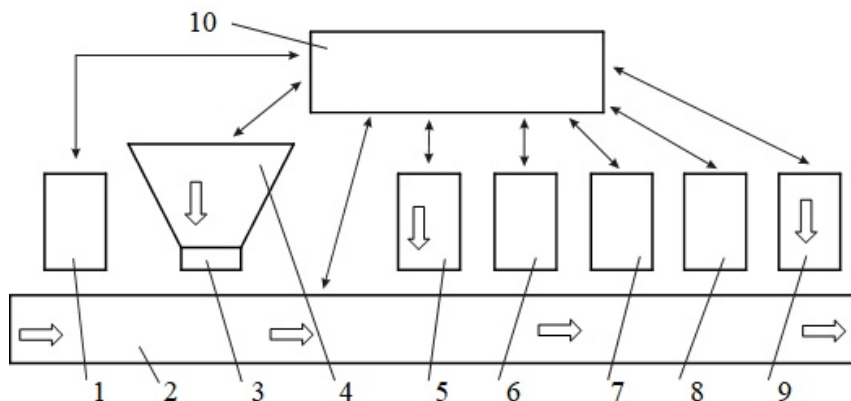


Рис. 1.15 Типова функціонально-структурна схема машини для пакування сипких продуктів в картонну споживчу упаковку: 1 – магазин споживчої тари; 2 – транспортна система; 3 – дозатор; 4 – бункер сипкої продукції; 5 – механізм закривання клапанів; 6 – пристрій герметизації тари спаюванням; 7 – пристрій ущільнення; 8 – механізм маркування і датування; 9 – пристрій контролю якості пакування; 10 – блок керування

1.2. Машини для пакування в'язкої та пластичної продукції

1.2.1. Технології пакування в'язких та пластичних продуктів у споживчу тару

Технології пакування в'язких продуктів у споживчу тару

Відповідно до величини в'язкості продукцію, що дозується і фасується, умовно можна поділити на продукцію з помірною чи високою в'язкістю та продукцію з твердими включеннями. Явного поділу між цими видами продукції не існує і перехід відбувається поступово. Умовно можна вважати продукцію з помірною в'язкістю такою, що є відносно легкоплинною та з певним наближенням є ньютонівською рідиною (олія, кефір, йогурт, майонез). Для такої продукції взагалі не потрібно застосовувати додаткових операцій, таких як розігрівання або нагнітання із магістралі живлення [1]. Висока в'язкість продукції потребує додаткових підготовчих операцій (розігрівання) та виконання додаткових вимог безпосередньо під час дозування: примусова подача продукції в мірну камеру, тому що створюване розрідження поршнем (0,095 МПа) може бути недостатнім для забезпечення заданої продуктивності; збільшення розміру перерізу трубопроводів і каналів, по яких переміщається продукція, та значні зусилля під час фасування. В'язка продукція з твердими включеннями (йогурти) потребує використання досить значних перерізів трубопроводів, каналів у дозувальних і фасувальних пристроях. Особливістю дозування таких продуктів є обережний підхід до режимів дозування та вибору активних робочих органів, щоб запобігти пошкодженню твердих включень, структури продукту та забезпечити точність дозування.

На сьогодні найбільш актуальною для пакування в'язких харчових продуктів є м'яка, напівжорстка та жорстка тара: пляшка, банка, пакет, стаканчик, кювета, туба, дой-пак. Така тара дає можливість виробляти харчові продукти з доданими до них різноманітними смаковими наповнювачами (натуральними ягодами, фруктами тощо). Для виробництва тари

використовується широкий асортимент пакувальних матеріалів таких як скло, алюміній, полімерні та комбіновані пакувальні матеріали. У побуті жорстка та напівжорстка тара більш зручніша не тільки тому, що вона не деформується під час транспортування, але і тим, що під час подачі на стіл не потрібно перекладати продукт в інший посуд [1].

Технологічний процес пакування в'язких харчових продуктів у споживчу тару на існуючих зразках фасувально-пакувального обладнання передбачає отримання пакованого продукту одним з двох способів, а саме:

- пакування в жорстку та напівжорстку тару (на машинах-автоматах і напівавтоматах в готову тару, яка купується заздалегідь (дозування - закупорювання); на машинах-автоматах, у яких реалізований повний технологічний цикл, починаючи від виготовлення тари та закінчуючи зварюванням покривного матеріалу і вирубкою готових упаковок (формування – дозування – закупорювання – вирубка). Корпусний матеріал (з якого робиться тара) і покривний матеріал використовуються в рулонному вигляді.

- пакування в м'яку тару (на машинах-автоматах і напівавтоматах в готову м'яку упаковку (заготовки пакетів); на машинах-автоматах з повним технологічним циклом отримання упаковок з рулонних матеріалів (формування пакетів, дозування, зварювання, вирубка окремих пакетів).

При виборі та застосуванні обладнання в першу чергу слід звертати увагу на вид фасованих продуктів, ємність упаковки, обсяг реалізації готової продукції тощо.

Здебільшого, машини-автомати з повним циклом виробництва дорожче машин-автоматів і напівавтоматів, що працюють з готовою тарою. Однак слід враховувати, що собівартість тари, одержуваної на машинах із повним циклом в 2-2,5 рази менше, ніж тієї, що закупляється готовою. І вже приблизно через рік первинна різниця в ціні обладнання нівелюється. Слід врахувати залежність підприємства-виробника продукції, що працює на готовій тарі, від

наявності цієї тари, її постачальників, цін, транспортних і складських витрат.

На машинах-автоматах, у яких реалізований повний технологічний цикл, легко переходити з одного виду упаковки на інший, міняти дозування від 10 до 1000 мл. У машинах-автоматах і напіваавтоматах, що працюють з готовою тарою, можна фасувати продукти в готові пакети типу «Пюр-Пак» або «Тетра-Рекс». Фасувально-пакувальні машини з повним циклом виробництва упаковок досить прості в управлінні, володіють можливістю швидкого переналагодження під інший вид упаковки [1].

Важливим є той факт, що в процесі пакування харчових продуктів у готову тару потрібно дотримуватись санітарно-гігієнічних вимог відносно чистоти навколишнього середовища і чистоти готової тари, максимально виключивши контакт внутрішньої поверхні готової тари з повітрям. На машинах-автоматах із повним циклом після контактного нагріву плівки при високій температурі (знезараження плівки) відразу ж здійснюється формування тари, фасування і герметичне закупорювання фасованого продукту. Стерильне фасування забезпечується стерилізацією тари та створенням стерильних умов у зоні фасування і закупорювання тари.

У технологічних процесах, що реалізується в пакувальних машинах такого типу, можна виділити основні операції, які виконуються функціональними модулями [2] з певними особливостями конструктивного виконання, а саме [1]:

- дозування харчового продукту та смакових наповнювачів;
- внутрішньомашинне переміщення споживчої тари;
- виготовлення споживчої тари або ж виділення і подача попередньо виготовленої споживчої тари (з можливістю подальшого знезаражувального оброблення);
- виділення і подача закупорювального засобу;
- закупорювання споживчої тари;
- виведення заповненої та закупореної споживчої тари з обладнання.

До найбільш конструктивно складних функціональних модулів пакувальних машин для пакування в'язких харчових продуктів відносять дозатор та внутрішньомашинну транспортну систему. Від дозатора залежить наскільки ефективно і точно у ваговому або об'ємному відношенні фасуватиметься продукт, а транспортуюча система забезпечує переміщення та точність позиціонування упаковки.

Дозатор для в'язких харчових продуктів включає чотири основні механізми: бункер-накопичувач продукту; живильник, що створює рівномірний потік продукту від бункера до дозувального механізму; дозувальний механізм; вивідний пристрій (пристрій фасування). У більшості об'ємних дозаторів живильник відсутній, рідше він конструктивно об'єднаний з бункером або дозуючим механізмом [1]. Для дозування в'язких продуктів здебільшого застосовують об'ємні пристрої. Наповнення тари здійснюється гравітаційним (продукти з малою в'язкістю) та примусовим способом (продукти з високою в'язкістю).

Залежно від траєкторії руху внутрішньомашинної транспортної системи всі пакувальні машини для в'язких харчових продуктів можна поділити на дві основні групи: перша – з коловою траєкторією руху упаковки (роторною або так званою карусельною транспортною системою); друга – з лінійною траєкторією руху. Колова – притаманна обладнанню, яке працює з попередньо виготовленою тарою та забезпечує продуктивність на рівні 2,5 – 12 тис. упаковок за годину (залежно від дози продукту та кількості рядів або потоків тари). Лінійна – характерна для високопродуктивних автоматичних ліній при дозуванні продукції об'ємом до 200 мл та виготовленні тари у пакувальній машині. Привод модуля може бути виконаний як із храповим, мальтійським, кулачковим виконавчим механізмом із механічними фіксаторами положення транспортної системи, так і у вигляді сервоприводного механізму з енкодером та резольвером.

Аналізуючи сучасні зразки пакувального обладнання, варто відзначити,

що все більше закордонних виробників під час конструювання модуля внутрішньомашинного транспортування тари використовують у якості приводного механізму сервосистеми, до складу яких входять двигуни різного типу у поєднанні з варіатором чи редуктором. Головна особливість сервопривода – наявність зворотного зв'язку між положенням ротора та положенням кодуєчого пристрою на валу двигуна. Іноді ця непряма інформація положення збільшена або навіть замінена прямим вимірюванням положення елементів машини, що переміщаються. Кодуючий пристрій визначає точність всієї системи приводів.

Як двигун у конструкціях сервосистем використовують: двигуни постійного струму; асинхронні та синхронні двигуни; крокові двигуни.

На відміну від двигунів постійного струму у двигунах змінного струму зменшуються витрати та зникає потреба в обслуговуванні деталей, що зношуються - комутатор і щітки відсутні. У зв'язку з наведеними особливостями двигуни постійного струму і крокові двигуни не набули широкого застосування та використовуються лише у особливих випадках.

Широкого використання серед сервоприводів набули асинхронні та синхронні двигуни змінного струму. Проста конструкція ротора та економічність виготовлення асинхронних двигунів – причина їх широкого використання. Асинхронний двигун, який оптимізовано до функцій серводвигуна, має наступні переваги: висока максимальна швидкість ротора, висока перевантажувальна здатність та низький момент інерції. Синхронні двигуни з постійними магнітами часто використовують як серводвигуни завдяки високій потужності при невеликих розмірах. Ці двигуни часто знаходять застосування у випадках, коли потрібно забезпечити скоординований рух робочих органів при високих швидкостях їх руху.

У пакувальних машинах попередньо виготовлена споживча тара подається до функціонального модуля у вигляді стопи упаковок, розміщених із певним постійним кроком [3]. Конструктивне виконання модуля подачі тари може

бути найрізноманітнішим і, відповідно до цього, по різному виконані його робочі органи. Найширшого застосування одержали універсальні модулі, які працюють із тарою різних типорозмірів та однаковою формою поперечного перерізу. У більшості сучасних конструктивних схем використано гравітаційну подачу тари за різних варіантів розділення стопи, при цьому менше уваги приділяється використанню найпростіших механічних та пневматичних захоплюючих пристроїв.

Модуль формування тари використовується переважно для виробництва тари прямокутного перерізу. Стрічковий полімерний матеріал подається до пристрою нагріву та розігрівається до температури пластифікації. Час нагрівання залежить від властивостей пакувального матеріалу. Процес формування ємностей відбувається із застосуванням вакууму чи стисненого повітря або сумісної дії вакууму і стисненого повітря. Після протягування розм'якшена частина стрічки матеріалу встановлюється між нижньою і верхньою частинами прес-форми. Верхня частина прес-форми опускається, а нижня піднімається. Відбувається їх сумісне щільне притискання до стрічки полімерного матеріалу. Як тільки пуансон опуститься в крайнє нижнє положення, повітря через невеликі отвори (до 1 мм) в донній і бічних частинах нижньої основи прес-форми відсмоктується вакуум-насосом. Якщо проводиться пневмоформування, то повітря під тиском подається в простір між пуансоном і верхньою частиною прес-форми. По закінченню цього процесу матеріал приймає остаточну форму, яка точно відповідає конфігурації нижньої частини прес-форми. Щоб швидко охолодити отриману ємність у корпусі нижньої частини прес-форми постійно циркулює холодна вода. Отримані ємності піддаються природній або ж примусовій вентиляції, що сприяє звільненню їх від запахів, специфічних для цього типу полімерних матеріалів.

Модуль дозування смакових наповнювачів призначений для внесення додаткових складових безпосередньо до основного продукту, що вже

знаходиться у споживчій упаковці, або ж у спеціальне відділення, передбачене у конструкції тари. У випадку дозування рідких продуктів із різною в'язкістю модуль за конструктивним виконанням подібний до модуля дозування в'язких продуктів та передбачає використання подібних пристроїв.

У випадку ж дозування сухих наповнювачів (сипкі, гранульовані продукти – арахіс, карамель тощо) використовуються однопотокові віброживильники, шнекові живильники, різноманітні види камерних живильників. Вибір конкретної конструкції базується на фізико – механічних властивостях самих смакових наповнювачів та необхідній точності їх дозування. У деяких зразках пакувальних машин такого типу передбачено послідовне встановлення декількох живильників для різного типу смакових наповнювачів.

Модуль виділення закупорювального засобу призначений для виділення одиничного закупорювального засобу з магазину та подачі його до споживчої тари із забезпеченням точного позиціонування.

У сучасних конструктивних виконаннях такого функціонального модуля більш широкого застосування, порівняно з механічними, знайшли вакуумні захоплюючі пристрої. Насосні – передбачають встановлення вакуум – насоса, що ускладнює конструкцію машини та підвищує її вартість; безнасосні – захват виділяє закупорювальний засіб за рахунок різниці розмірів закупорювального елемента; ежекторні – розрідження створюється за рахунок ежекторів. Ежекторні захоплюючі пристрої використовують найчастіше у порівнянні з іншими, вони не потребують вакуум-насоса і можуть працювати від загальної мережі стисненого повітря, яке підводиться по мережі до машини.

Після подачі закупорювальних засобів до споживчої тари вони переміщуються до наступного функціонального модуля, де здійснюється герметизація. Закупорювання тари може виконуватись трьома шляхами: зварюванням закупорювального засобу та тари, закриттям кришки та тари «у замок» та їх комбінацією. У першому випадку здійснюється термоконтактне

зварювання за допомогою зварювальної головки, яка, опускаючись, притискає зварювані поверхні та певний час утримує їх разом. Основними факторами, від яких залежить якість зварювання, є температура, при якій відбувається процес, та зусилля притискання, що забезпечує рівномірне проварювання поверхонь по всій площі контакту. Температурні режими процесу встановлюють залежно від типу матеріалів, що зварюються. Зусилля притискання регулюється за рахунок введення в конструкцію пружних елементів. Привод зварювальної головки може бути як електромеханічний, який за допомогою електродвигуна та важільної системи забезпечує зворотно-поступальний рух, так і пневматичний. У випадку закриття кришки «в замок» герметичність з'єднання створюється за рахунок утворення натягу між закупорювальним засобом та споживчою тарою. Привод пристрою подібний до приводу зварювальної головки. У конструкціях пакувальних машин передбачено встановлення послідовно двох модулів герметизації тари, один з яких зварює кришку з споживчою тарою, а інший додатково закупорює її кришкою «у замок». Це надає споживачеві додаткових зручностей під час використання та зберігання харчових продуктів.

Закупорена споживча тара переміщується у позицію датування, де відповідний модуль наносить на неї кінцевий термін споживання продукції.

У випадку нанесення дати на днище споживчої тари датувальний модуль розміщується після функціонального модуля виділення одиничної споживчої тари. Дата наноситься за допомогою штампувальної головки, яка може переміщуватись як по зовнішній, так і по внутрішній поверхні тари. Для створення чіткого відбитка з протилежної сторони до голівки підводиться опорна площина. Привод механізму може бути пневматичним або електромеханічним. Недоліком такого пристрою є можливість забруднення внутрішньої поверхні тари й, відповідно, самого продукту. Тому, виникає потреба у подальшому обробленні тари з метою знезараження. У випадку використання модуля виготовлення тари у центрі нижньої частини прес-

форми можливе встановлення набірного шрифту з цифрами для нанесення дати. Якщо ж дату потрібно наносити на поверхню закупорювального засобу, то в цьому випадку застосовують пристрій з притискною датуючою головкою. Датуюча головка з шрифтом переміщується у вертикальній площині та в крайніх положеннях траєкторії руху контактує з фарбою, яка використовується для нанесення дати, і з поверхнею закупорювального засобу. Особливою вимогою, яка пред'являється для такого типу датувальних пристроїв, є визначена величина зусилля притискання шрифту до поверхні, адже існує можливість руйнування закупорювального засобу. Для запобігання таких випадків у конструкцію датувальної головки вводять пружні елементи, що дає можливість усунути цю небезпеку. Останніми роками все більшого поширення набуває нанесення дати за допомогою струменевих (лазерних) пристроїв. Цей спосіб є найбільш прогресивним і не має недоліків, які притаманні попереднім варіантам.

Після виконання операції датування заповнена та закупорена споживча тара переміщується транспортною системою до функціонального модуля, який виводить її з пакувальної машини. Цей пристрій виконує дві операції: по-перше, він видаляє тару з несучого елемента транспортної системи (робочим органом, представленим у вигляді штовхача, що здійснює поступальний рух у вертикальній площині), а, по-друге, передає її до приймального пристрою, який переміщує готові вироби від машини (представленим у вигляді штовхача, що здійснює зворотно – поступальний чи коливальний рух у горизонтальній площині). Таким приймальним пристроєм може бути стіл, магістральний конвеєр тощо.

Пакування кожної з характерних груп в'язких харчових продуктів вносить певні вимоги та корективи у технологічний процес. Так, наприклад, при пакуванні кетчупу його доцільно пакувати у стоячі пакети із багатошарового ламінату. Такий матеріал забезпечує тривале зберігання агресивних і жиромісних продуктів, псування яких настає під дією кисню та вологи. Ця

упаковка має мінімальну масу, економічна, зручна, легко очищується від залишків продукту і просто утилізується. Стоячі пакети, сфера використання яких безперервно розширюється, виготовляються із багатошарових ламінатів та співекструдатів. З метою подовження термінів придатності харчових продуктів гнучкі ламінати та співекструдати складаються із шарів паперу, алюмінієвої фольги (ФАЛ) і різноманітних полімерів. Стоячі пакети зручні, економічні та ефективні, вони легко виготовляються, компактно складаються при перевезенні. Для пакування молочних продуктів широко застосовують комбіновані матеріали на основі картону. Багатошаровість такої упаковки та наявність у її складі алюмінієвої фольги, ПЕ, адгезивів і картону різних марок і призначення забезпечує необхідний комплекс фізико-механічних, санітарно-гігієнічних та інших споживних властивостей. Упаковку з цих матеріалів легко вкладати у транспортні блоки та відкривати, вона стійка, на ній можна розмістити достатньо інформації для покупця. З урахуванням високої собівартості цього матеріалу частіше для фасування продуктів використовують пакети місткістю 0,5 л і більше.

Технології пакування пластичних харчових продуктів у споживчу тару

До пластичної (або твердоподібної) продукції згідно з класифікацією реологічних властивостей відносять пружно-пластичні та пластично-пружні тіла, що мають статичну і динамічну межі напруження зсуву. Характерними представниками цієї групи продукції можуть бути: вершкове масло, маргарин, сиркова маса, сир, м'ясний фарш, дріжджі, тісто, мило тощо.

Під час фасування та дозування продукції потрібно відокремлювати певну її кількість від загальної маси та переміщувати в певному напрямку. У процесі виконання цих операцій продукція розтягується, стискається, зсувається, тобто знаходиться в умовах напруженого стану. Характер поведінки продукції під дією навантаження визначається її реологічними характеристиками.

Пластична продукція легко набуває різної форми при дії напруження, що

дещо вище межі плинності, та зберігає її за незмінних параметрів навколишнього середовища. При цьому плинності не спостерігаються при дії напружень, менших межі плинності продукції. Пластичні речовини характеризуються в першому наближенні двома константами: межею плинності та динамічною в'язкістю, яка залишається практично сталою при навантаженні вище межі плинності. Таким чином, динамічна (пластична) в'язкість характеризує течію середовища, яке при незначному руйнуванні швидко встигає відновлювати структуру [1].

У загальному вигляді пакувальні матеріали, що застосовуються при пакуванні пластичних харчових продуктів можна поділити на наступні групи:

- одношарові (папір, плівка поліпропіленова (ПП), плівка полістирольна (ПС), плівка поліетиленова (ПЕ) та ін.)

Такого типу матеріали не дають надійного захисту пластичним продуктам (найчастіше жиромістких) від дії навколишнього середовища, а особливо від протікання продукту зсередини. Тому їх використання не є доцільним. Хоча, на сьогоднішній день широко застосовується пакування харчових продуктів у пергамент (сиркові маси) і в поліпропіленову плівку (упаковки типу «flow-pack» для глазурованих сирків).

- комбіновані (папір з поліетиленовим покриттям, багатошарові полімерні плівки, композитні матеріали (металізовані, кашировані фольгою матеріали), на основі металу).

Такі види пакувального матеріалу надійно захищають продукцію від проникнення вологи, світла, пилу, бруду та інших зовнішніх подразників, а також від протікання продукції зсередини. Крім того вони мають кращі міцнісні характеристики ніж одношарові пакувальні матеріали.

Для пакування пластичної продукції найчастіше використовують наступні види упаковки: брикет, чаб, тришовний пакет (флоу-пак), полімерні стаканчики (лотки, відерка, кювети), металеві та скляні банки.

Залежно від технології виробництва розрізняють видувну, литу,

пресовану, зварну і термоформовану тару.

На сучасному етапі розвитку пакувальної індустрії машини для пакування пластичних харчових продуктів набувають всебічного застосування.

Це зумовлено зростаючим асортиментом пакованої продукції, появою нових пакувальних матеріалів та видів упаковки, що, у свою чергу, викликає потребу в структурному удосконаленні пакувальних машин для адаптації їх під стрімко зростаючі вимоги виробництва.

Пакувальні машини (ПМ) для пакування пластичної продукції у споживчу тару відносять до багатопозиційних технологічних машин послідовної дії. Їх структура формується на основі модульного принципу як методу побудови різних технічних систем із різноманітними характеристиками шляхом компонування їх із типових модулів визначеним чином для створення матеріальних (передача виробів), енергетичних (привод рухомих елементів) та інформаційних (контроль і управління роботою) зв'язків між ними.

Порядок розміщення та кількість цих модулів визначається послідовністю виконання технологічних операцій пакування та числом переходів (робочих позицій), з яких вони складаються.

У загальному випадку операція пакування – це підготовка продукції із застосуванням упаковки до транспортування, зберігання, реалізації та споживання, що передбачає дозування та фасування продукції. Її специфіка визначає службове призначення пакувальної машини.

Оскільки кожен функціональний пристрій є функціонально самостійною та конструктивно закінченою сукупністю механізмів, що об'єднані спільним функціональним призначенням, то їх слід розуміти як функціональні модулі (ФМ) і розглядати ПМ з точки зору її функціонально-модульної будови, яка формується шляхом з'єднання ФМ між собою безпосередньо через стиковочні поверхні або встановленням на рамі чи каркасі через спеціальні перехідні корпусні деталі, що забезпечують їх необхідне положення

Усі ФМ поділяють за функціональною ознакою на три види [2]:

- основні – виконують окремі технологічні переходи, безпосередньо контактують з виробом, змінюючи його форму, розміри, фізико-механічні властивості та структуру;
- допоміжні – виконують транспортно-накопичувальні і допоміжні переходи (виготовлення, переміщення, оброблення тари і допоміжних пакувальних засобів), що є необхідними для неперервності процесу виготовлення виробу, не змінюючи при цьому його характеристик;
- додаткові (контрольні), що виконують контрольно-вимірювальні переходи.

Підвищення ефективності роботи дозувальних пристроїв, а також забезпечення тривалого зберігання пластичної продукції передбачає виконання додаткових операцій з відповідної підготовки продукції. Основними методами додаткової обробки є: нагрівання, охолодження, вакуумування та насичення інертним газом.

Для пластичної продукції характерним є об'ємний спосіб дозування. Ваговий спосіб досить складний у реалізації, тому що динамічна складова зважування суттєво перевищує допустиму похибку дозування. Поряд із цим на принципі роботи комбінаційних дозаторів для сипкої продукції виготовляють дозатори і для пластичної продукції.

Об'ємний спосіб дозування можна поділити на потоковий і порційний. За поточним способом формується джгут або здійснюється розвальцювання продукції до вигляду стрічки однакових поперечного перерізу і питомої маси, від якої відділяють порції продукції. Довжина порції визначається часом переміщення сформованого джгута або стрічки по приймальному конвеєру. Такий спосіб дозування застосовують для твердоподібної пружно-пластичної продукції (дріжджі, цукерки, вироби із тіста тощо).

За порційним способом дозування доза продукції формується в мірній ємності, а потім, залежно від технології пакування, подається в споживчу тару або в проміжну камеру, де і формується задана геометрична форма продукції.

За першим способом може дозуватися будь-яка пластична продукція, за другим – пружно-пластична, яка після надання їй форми тривалий час її зберігає.

Способи фасування пластичної продукції можна звести до трьох принципово різних методів: випресовування або розвальцьовування продукції у вигляді безперервного бруска, стрічки чи джгута з наступним відрізуванням або виділенням окремих порцій; випресовування продукції у проміжні камери (форми) з наступним виштовхуванням або витрушуванням із них відформованих порцій; випресовування відміряної порції продукції в попередньо підготовлену тару, яку в подальшому потрібно тільки герметизувати.

У зв'язку з тим, що пластична продукція під дією сили гравітації не може переміщатися по каналах дозувальних пристроїв, застосовують примусовий метод переміщення продукції як на стадії формування дози, так і на стадії фасування.

Основні види робочих органів дозувально-фасувальних пристроїв з огляду на способи дозування і фасування, необхідність створення значного тиску для наповнення мірної ємності дозатора можна поділити на шнекові, шнеково-лопатеві та шнеково-поршневі. Такі конструктивні виконання робочих органів дають можливість передавати великі зусилля продукції та забезпечувати її випресовування із рівномірним заповненням тари заданої форми або видалення із насадки шнекового нагнітача продукції у вигляді безперервного бруска потрібного поперечного перерізу.

Якість формування дози в таких дозувальних пристроях поряд із циклічністю спрацювання ножа багато в чому залежить від однорідності консистенції продукції. Досягти заданої консистенції продукції можна за рахунок правильно скомпонованої формувальної камери. Здебільшого в таких камерах розташовані шнеки із кількома конструктивними зонами, що забезпечують такі режими роботи: подача, підпресовування і виштовхування.

Дозувальні пристрої такого типу застосовують для пружно-пластичних тіл із подальшим пакуванням в обгортковий пакувальний матеріал.

Зважаючи на широкий попит пластичної продукції, пакованої в інші види упаковки, значне застосування для різних методів фасування знайшли шнеково-поршневі дозатори. Такі типи дозаторів поділяють залежно від конструкції та руху поршня: дозатор із зворотно-поворотним рухом поршня; дозатор із зворотно-поступальним рухом поршня та дозатор із зворотно-поступальним рухом поршня і обертальним рухом дозувального циліндра [1].

1.2.2. Характерні структурні схеми обладнання для пакування в'язких продуктів у споживчу тару

Для розгляду всіх можливих схем технологічних процесів пакування в'язких продуктів найзручніше користуватися графом технологічного процесу із застосуванням топологічного методу аналізу технологічних схем. Це зумовлено складністю технологічної топології пакування в'язких продуктів у споживчу тару, його багатовимірність як за кількістю складових елементів, так і за кількістю виконуваних функцій тощо.

Застосування топологічних моделей дає змогу навести значний обсяг інформації про технологічний процес пакування в'язкої продукції у жорстку та напівжорстку споживчу тару у компактній і наочній формі [4].

Наведемо приклад аналізу технологічних схем пакування в'язкої продукції у напівжорстку тару, застосувавши граф технологічного процесу (рис.1.16).

Основним технологічним операціям відповідають окремі горизонтальні рівні графа. Послідовність виконання операцій виражається переходом від вищого рівня до наступного нижчого і відображається стрілкою. Цифри в колах позначають номери технологічних операцій та їх варіанти. Цифра "0" означає, що у розглянутому варіанті технологічного процесу, який проходить через дану позицію графа, відсутня технологічна операція, яка відповідає рівню вказаної позиції. Наведений граф відображає наявність та порядок

виконання окремих операцій технологічного процесу.

Для реалізації кожної з технологічних операцій у конструкціях машин передбачено відповідні робочі органи, які залежно від виду продукту, тари, компоновочної схеми машини, можуть мати різне конструктивне виконання.

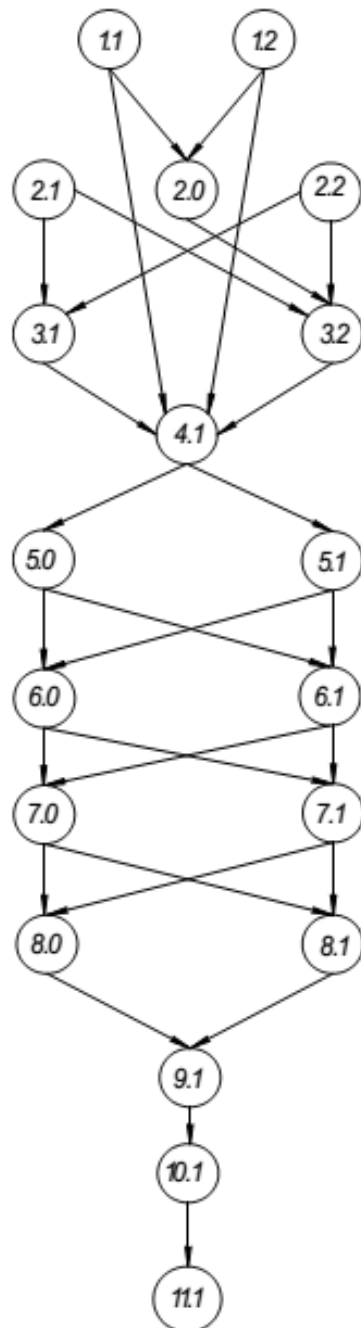


Рис. 1.16. Структурний граф технологічного процесу пакування в'язких продуктів у напівжорстку споживчу тару

Так, для технологічного процесу пакування виділено такі характерні операції:

1-й рівень:

- 1.1 – накопичення, додаткова обробка і подача харчового продукту

до пристрою дозування;

- 1.2 – магістральна подача харчового продукту до пристрою дозування;

2-й рівень:

- 2.1 – виділення одиничної споживчої упаковки із магазину і подача у лунку механізму транспортування;

- 2.2 – виготовлення і подача споживчої упаковки у лунку механізму транспортування;

3-й рівень:

- 3.1 – транспортування споживчих упаковок по коловій траєкторії;

- 3.2 – транспортування споживчих упаковок по лінійній траєкторії (наприклад у випадку пакування у м'яку споживчу упаковку – протягування плівкового матеріалу по траєкторії руху);

4-й рівень:

- 4.1 – дозування і фасування продукту або суміші продуктів;

5-й рівень:

- 5.1 – подача у дозувальний пристрій, дозування і фасування смакових наповнювачів;

6-й рівень:

- 6.1 – подача основного закупорювального засобу на споживчу упаковку;

7-й рівень:

- 7.1 – зварювання основного закупорювального засобу та споживчої упаковки.

8-й рівень:

- 8.1 – подача та закріплення додаткового закупорювального засобу;

9-й рівень:

- 9.1 – нанесення поточної інформації (дата терміну споживання) на споживчу упаковку;

10-й рівень:

- 10.1 – виведення пакувальної одиниці з лунки транспортуючого механізму.

11-й рівень:

- 11.1 – подача споживчої упаковки на приймальний стіл готової продукції або відвідний магістральний конвеєр.

Наведений граф охоплює майже всі можливі схеми пакування в'язкої продукції у споживчу тару та її закупорювання.

Проведений аналіз конструктивних і технологічних схем пакувальних машин свідчить, що у сучасних зразках такого обладнання виробники здебільшого відмовились від використання одноприводної системи, тобто електропривода, що приводить у дію розподільно-керуючий вал (крім привода механізму транспортування). Саме тому основна увага приділяється функціональним модулям із індивідуальними приводами (пневмоприводом, електроприводом).

Серед варіантів технологічного процесу фасування в'язких харчових продуктів можна виділити дві схеми, які найчастіше використовують у сучасних пакувальних машинах, принципова відмінність яких полягає у траєкторії руху споживчих упаковок. У варіанті технологічного процесу, що проходить через позиції 2.1 – 2.4 споживчі упаковки переміщуються по коловій траєкторії, а при проходженні через позиції 2.5 – 2.6 вони переміщуються по лінійній траєкторії. Тим самим базовими можна прийняти такі послідовності виконання операцій:

1) 1.1 - 2.1 - 3.2, 3.3 - 4.2, 4.3, 4.7, 4.9 - 5.1, 5.4, 5.5 - 6.2 - 7.2 - 8.2 - 9.2 - 10.2 - 11.2, 11.4.

Ця послідовність відповідає технологічному процесу, у якому виконуються такі операції: накопичення і подача в'язкого харчового продукту до пристрою дозування, подача споживчих упаковок у лунки транспортуючого механізму, транспортування споживчих упаковок по коловій траєкторії, дозування в'язкого продукту або суміші в'язких продуктів,

дозування смакових наповнювачів, подача первинного закупорювального засобу на споживчу упаковку, зварювання первинного закупорювального засобу та споживчої упаковки, подача вторинного закупорювального засобу, нанесення поточної інформації (дата терміну споживання) на споживчу упаковку, виведення пакувальної одиниці з лунки транспортуючого механізму, подача пакувальної одиниці на приймальний стіл або магістральний конвеєр готової продукції.

2) 1.1 – 2.3 - 3.6 - 4.2, 4.3, 4.7, 4.9 - 5.1, 5.4, 5.5 - 5.2 - 6.2 - 7.2 - 8.2 - 9.2 - 10.2 – 11.2, 11.4.

Ця послідовність відповідає технологічному процесу, у якому виконуються такі операції: накопичення і подача в'язкого харчового продукту до пристрою дозування, подача споживчих упаковок у лунки транспортуючого механізму, транспортування споживчих упаковок по лінійній траєкторії, дозування в'язкого продукту або суміші в'язких продуктів, дозування смакових наповнювачів, подача первинного закупорювального засобу на споживчу упаковку, зварювання первинного закупорювального засобу та споживчої упаковки, подача вторинного закупорювального засобу, нанесення поточної інформації (дата терміну споживання) на споживчу упаковку, виведення пакувальної одиниці з лунки транспортуючого механізму, подача пакувальної одиниці на приймальний стіл або магістральний конвеєр готової продукції.

Використавши варіанти технологічних процесів, можна, у разі потреби, виключенням або заміною деяких операцій створити необхідний технологічний процес. Наприклад, операція 5 виконується лише тоді, коли у споживчу тару з в'язкою продукцією необхідно подати додаткові смакові наповнювачі. Операція 8 може бути відсутньою у тому випадку, коли для герметизації споживчої тари достатньо застосувати лише зварювання первинного закупорювального засобу та споживчої упаковки. Доречно також зазначити, що для машин середньої продуктивності технологічнішим є процес

пакування, у якому для переміщення споживчих упаковок застосовують механізм транспортування у вигляді ротора, це дає змогу зменшити матеріало- та енерговитрати під час виготовлення та експлуатації машини.

Наступною варіацією технологічного процесу є процес пакування в'язких харчових продуктів у м'яку упаковку. Завдання структурного синтезу в даному випадку полягає в знаходженні такої множини функціональних модулів (ФМ), щоб виконувались усі технологічні переходи операції пакування, причому надійність машини повинна бути максимально високою, а вартість не перевищувала гранично допустимого значення. Зауважимо, що не всі ФМ є взаємопоеднуваними, оскільки одну і ту ж функцію повинен виконувати у складі однієї й тієї ж машини-автомату лише один ФМ. Граф логічних зв'язків між прийнятими до розгляду ФМ наведено на рис.1.17 [5, 6].

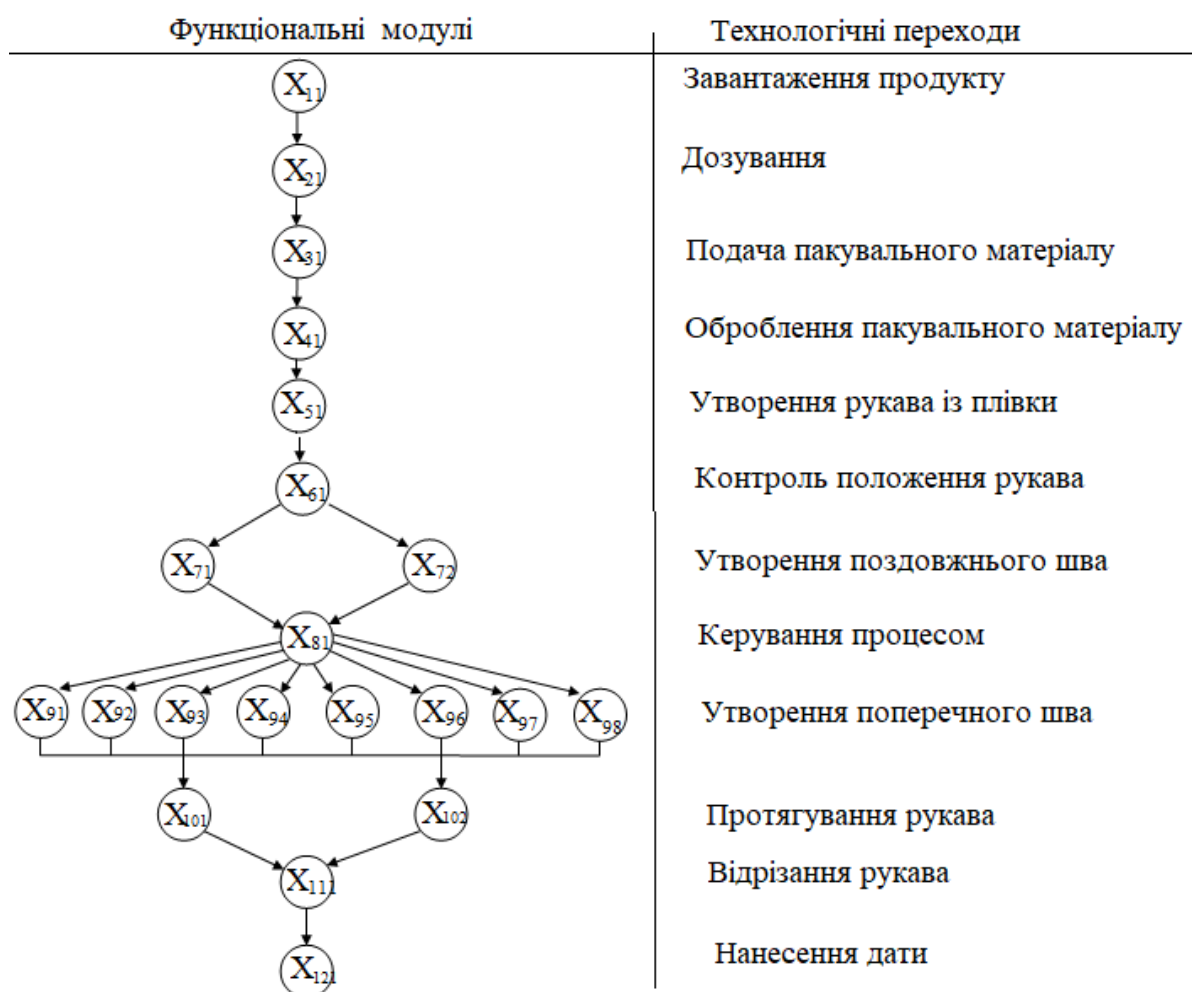


Рис.1.17. Граф логічних зв'язків між функціональними модулями машини для пакування в'язких харчових продуктів у м'яку споживчу тару

Формалізоване представлення графа виражається наступним чином:

$$S : m_1(x_{11}) \wedge m_2(x_{21}) \wedge m_3(x_{31}) \wedge m_4(x_{41}) \wedge m_5(x_{51}) \wedge m_6(x_{61}) \wedge \\ \wedge m_7(x_{71} \vee x_{72}) \wedge m_8(x_{81}) \wedge m_9(x_{91} \vee x_{92} \vee x_{93} \vee x_{94} \vee x_{95} \vee x_{96} \vee x_{97} \vee x_{98}) \wedge \\ \wedge m_{10}(x_{101} \vee x_{102}) \wedge m_{11}(x_{111}) \wedge m_{12}(x_{121}).$$

де S – реалізація службової функції ПМ (виконання технологічної операції пакування), m – технологічні переходи, виконані відповідними ФМ.

Використовуючи розроблені типові структурні графи технологічних процесів пакування в'язких продуктів та застосовуючи методи синтезу і аналізу, визначено раціональну послідовність виконання технологічних операцій, функціональні модулі для їх реалізації та встановлено логічні зв'язки між ними. Схема логічних зв'язків між функціональними модулями наведена на рис. 1.18 [7].

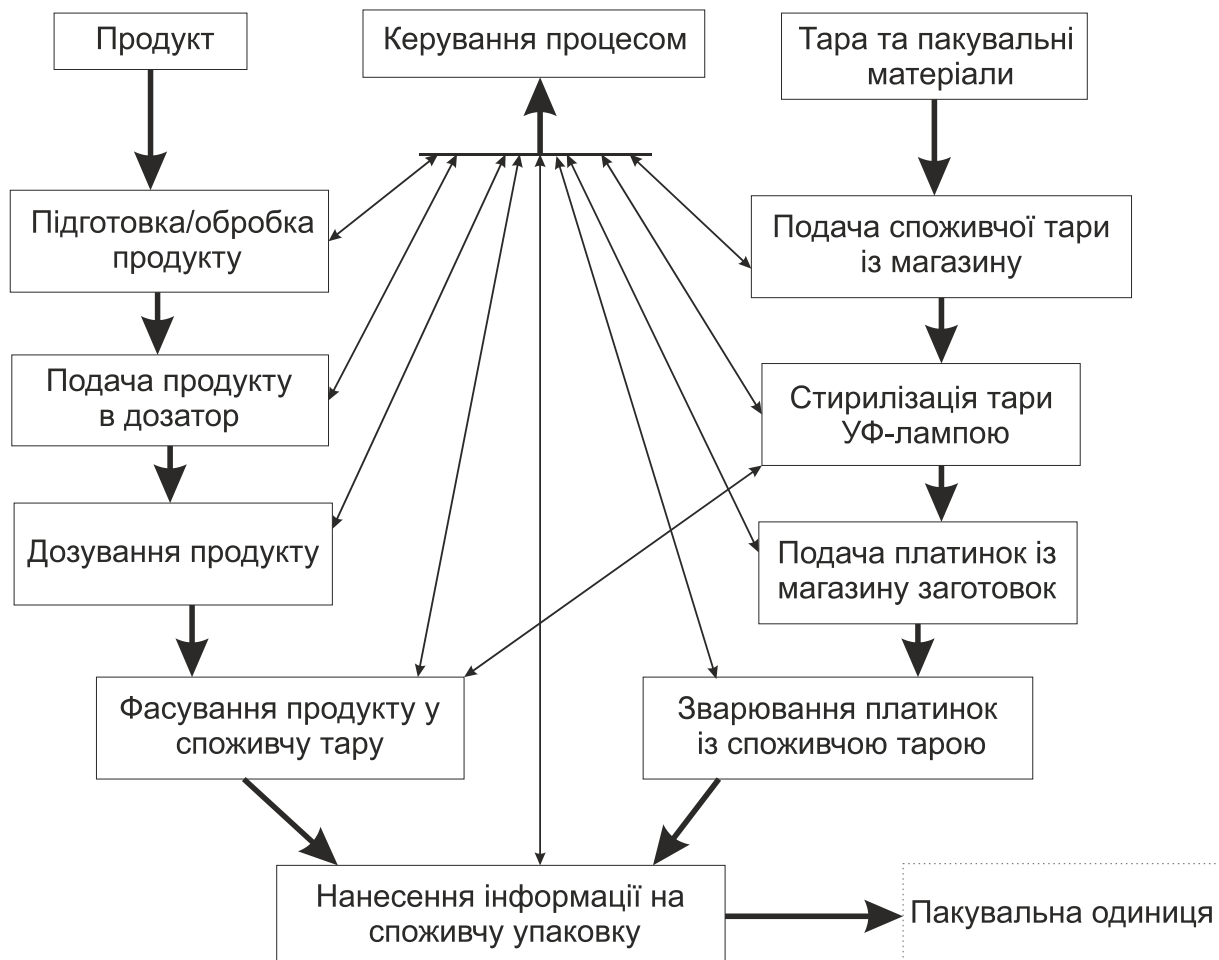


Рис. 1.18. Логічні зв'язки взаємодії між функціональними модулями в технологічному процесі пакування в'язких продуктів у попередньо виготовлену термоформовану споживчу тару

На основі аналізу конструкцій обладнання для пакування в'язких продуктів у споживчу тару розроблені типові структури машин, які відповідають структурі технологічного процесу та включають у себе функціональні модулі, систему приводів виконавчих механізмів та систему керування їх роботою (рис. 1.19) [7].

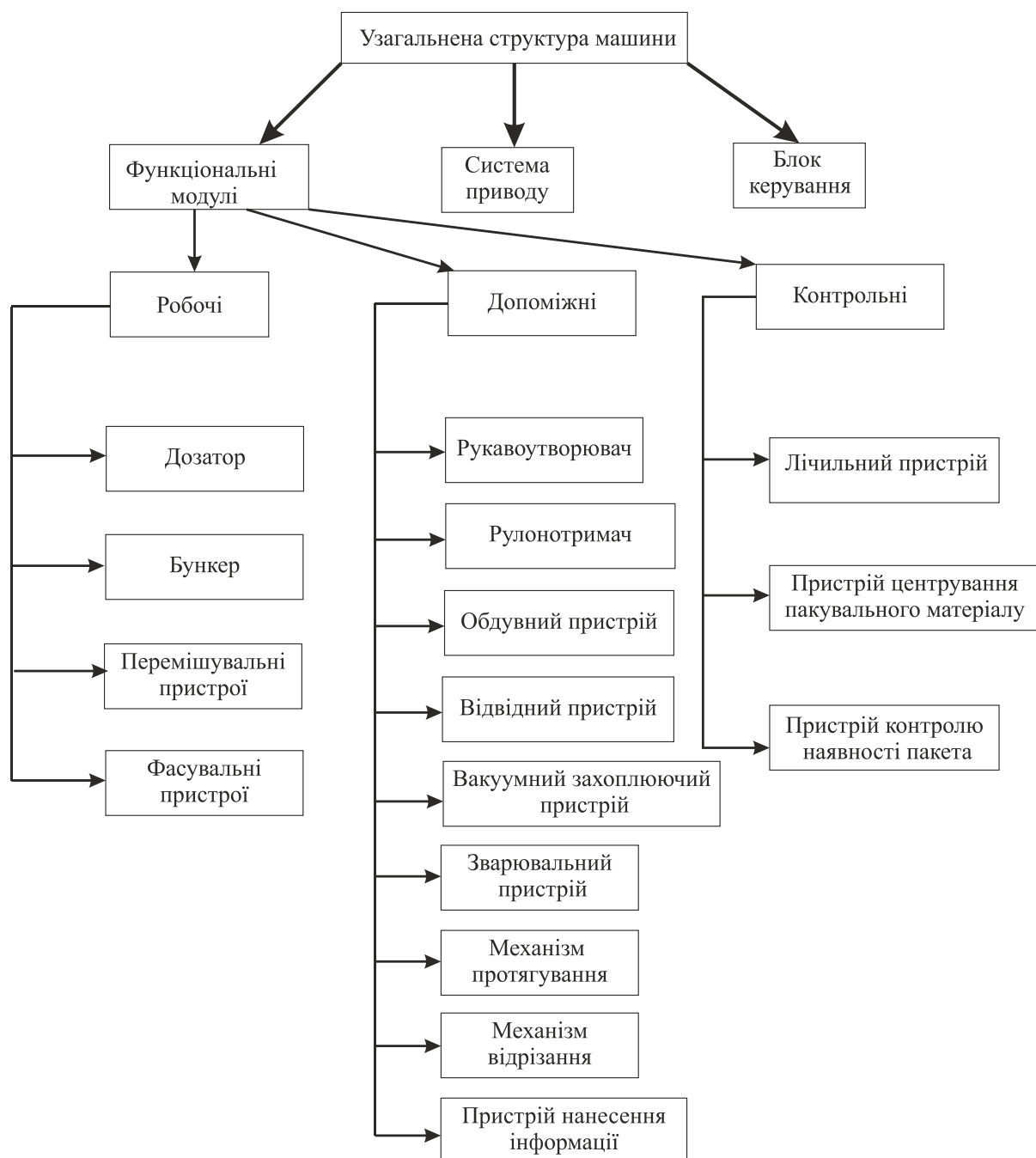


Рис. 1.19. Узагальнена структура обладнання для пакування в'язкої продукції в 3-и шовний пакет

Керування робочими, допоміжними та контрольними функціональними модулями забезпечується загальною електронною системою, яка синхронізує їх роботу відповідно до заданого технологічного процесу пакування.

Системний підхід до аналізу конструкцій обладнання для пакування в'язкої продукції у споживчу тару передбачає розгляд їх побудови у вигляді концептуальних моделей, тобто таких абстрактних моделей, які відображають їх структуру побудови та зв'язки між їх елементами. Машини цього типу характеризуються різноманітністю компонувань, які можна розрізнити за основними класифікаційними ознаками. Аналіз конструкцій показує, що кожний виробник пропонує на ринок як одиничні зразки, так і широкий спектр їх модифікацій, які створені шляхом використання відповідних методів компонувань.

На основі аналізу вимог до новітніх конструкцій обладнання для пакування в'язкої продукції та використання алгоритму побудови концептуальної моделі, який базується на засадах SADT побудовано функціонально-модульні структури обладнання у вигляді системного опису моделей: функціональної (*f*-модель) та структурної (*s*-модель) [8, 9, 10].

Побудова *f* - моделі відбувалася шляхом декомпозиції службової функції, тобто послідовному визначенні функцій наступного рівня з функцій попереднього, починаючи з головної, та встановлення технологічних операцій для їх виконання. Граф декомпозиції службової функції пакувальної машини наведено на рис. 1.20.

Більш поглибленим описом концептуальної моделі обладнання для пакування є побудова *s*-моделі. Приклад розробленої структурної схеми (*s*-моделі) машини для пакування в'язкої продукції наведено у вигляді «І-АБО» дерева (рис. 1.21).

На основі розроблених *f* та *s* моделей створено узагальнені функціонально-модульні структурні схеми машин (*fs* - моделі) для різних видів використовуваної для пакування споживчої тари (рис. 1.22 - 1.24).

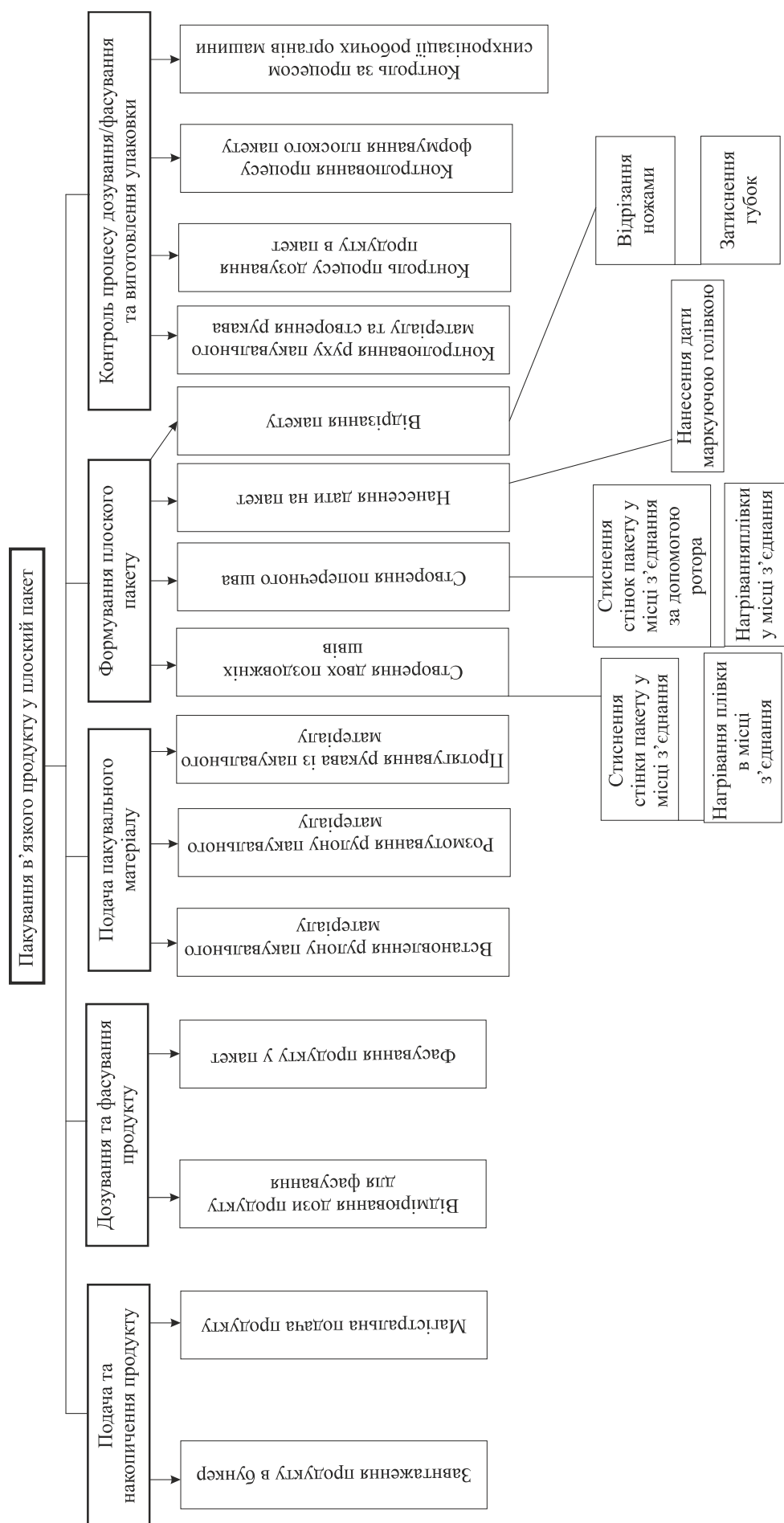


Рис. 1.20. Схема декомпозиції службової функції машини для пакування в 'язкої продукції у плоский пакет

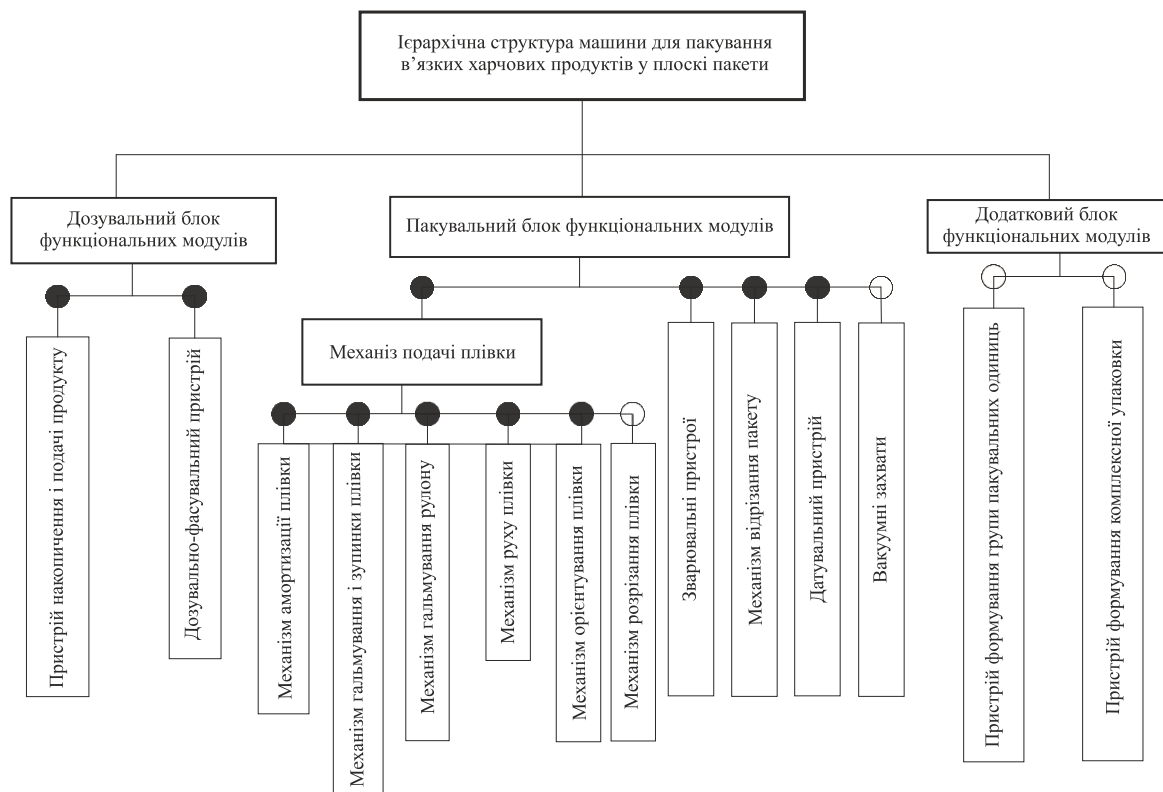


Рис. 1.21. Ієрархічна структура машини для пакування в'язких харчових продуктів у плоскі пакети: ●- вершини зв'язані «і», ○- вершини зв'язані «або»

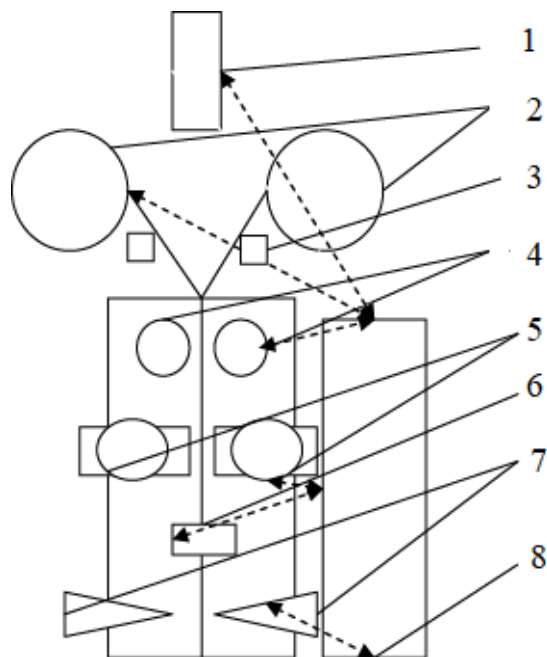


Рис. 1.22. Узагальнена функціонально – структурна схема машини для пакування в'язких харчових продуктів у плоский пакет: 1 – дозатор, 2 – рулони пакувального матеріалу, 3 – механізм протягування плівки, 4 – механізм поздовжнього зварювання, 5 – механізм поперечного зварювання, 6 – механізм нанесення дати, 7 – механізм відрізання готового пакету, 8 – блок керування машиною-автоматом

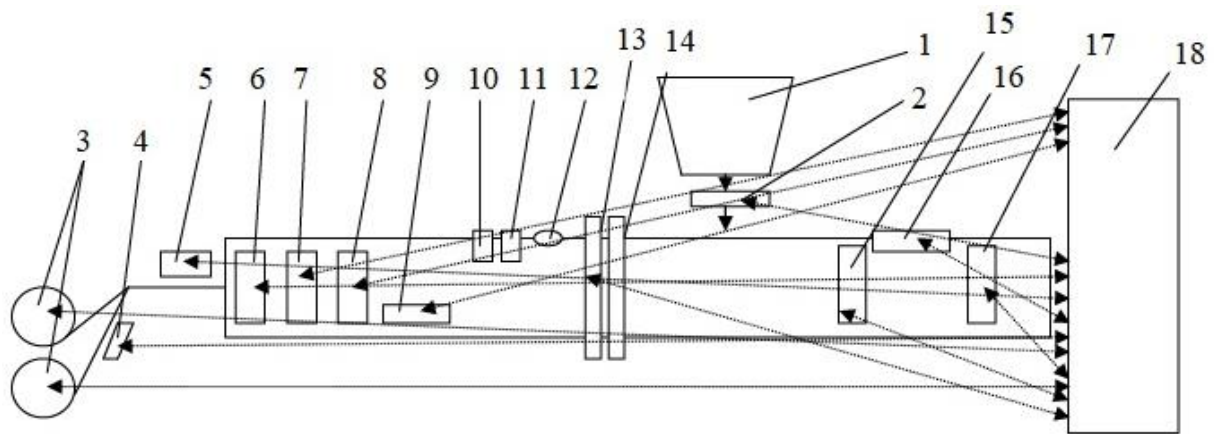


Рис. 1.23. Узагальнена функціонально-структурна схема машини для пакування в'язких харчових продуктів у пакети Дой-Пак: 1 – бункер; 2 – дозувально-фасувальний пристрій; 3 – механізм подачі пакувального матеріалу; 4 – пристрій центрування пакувального матеріалу; 5 – пристрій утворення рукава; 6 – перший пристрій зварювання бокового шва; 7 – другий пристрій зварювання бокового шва; 8 – охолоджувальний пристрій; 9 – механізм фіксації дна пакету Дой-Пак; 10 – пристрій нанесення дати; 11 – пристрій нанесення насічки; 12 – пристрій протягування плівки; 13,14 – пристрій відрізання пакетів; 15 – пристрій нагрівання поперечного шва; 16 – пристрій затиснення клапана між стінками пакету; 17 – пристрій охолодження пакету; 18 – блок керування

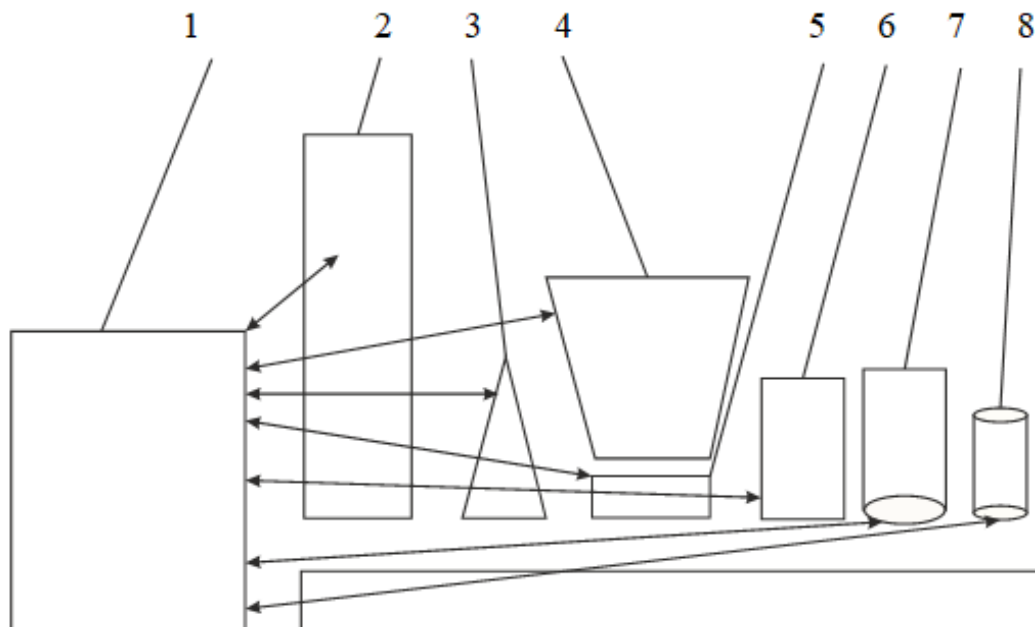


Рис. 1.24. Узагальнена функціонально-структурна схема машини для пакування в'язких харчових продуктів у стаканчик: 1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – блок керування; 4 – магазин із готовими стаканчиками; 5 – механізм стерилізації тари (УФ – променями); 6 – механізм нагрівання; 7 – механізм подачі фольги; 8 – механізм нанесення інформації

1.2.3. Характерні структурні схеми обладнання для пакування пластичних продуктів у споживчу тару

Для дослідження структури машини для пакування пластичних продуктів у споживчу тару також доречним є застосування топологічного методу аналізу технологічних схем. Це зумовлено складністю технологічної топології пакування пластичних продуктів у споживчу тару, значною кількістю складових елементів та виконуваних функцій.

Розглянемо можливі технологічні схеми пакування пластичних харчових продуктів, застосувавши граф технологічного процесу (рис.1.25), якому притаманні такі характерні операції:

1-й рівень:

1.0 – накопичення продукту, підготовка до подачі в пристрій без додаткового оброблення продукції;

1.1 – попереднє оброблення продукту вакуумуванням;

1.2 - попереднє оброблення продукту підігріванням;

1.3 – попереднє оброблення продукту охолодженням.

2-й рівень:

2.1 – подача продукту до пристрою дозування вручну оператором;

2.2 – магістральна подача пластичного продукту до пристрою дозування;

2.3 – подача продукту в бункер за допомогою засобів механізації.

3-й рівень:

3.1 - виготовлення і подача споживчої упаковки у лунку механізму транспортування;

3.2 – виділення одиничної споживчої упаковки із магазину і подача у лунку механізму транспортування;

4-й рівень:

4.1 – транспортування споживчих упаковок по коловій (роторній) траєкторії;

4.2 – транспортування споживчих упаковок по лінійній траєкторії (у випадку пакування у м'яку споживчу упаковку – протягування плівкового

матеріалу по траєкторії руху).

5-й рівень:

5.1 – дозування і фасування пластичного продукту.

6-й рівень:

6.0 – відсутнє дозування і фасування смакових наповнювачів;

6.1 – дозування і фасування смакових наповнювачів.

7-й рівень:

7.0 – відсутня подача основного закупорювального засобу;

7.1 – подача основного закупорювального засобу на споживчу упаковку.

8-й рівень:

8.1 – зварювання основного закупорювального засобу та споживчої упаковки;

8.2 - формування поздовжнього та поперечних зварних швів(у випадку пакування у м'яку споживчу упаковку);

8.3 – обгортання пластичного продукту пакувальним матеріалом.

9-й рівень:

9.0 – відсутня подача та закріплення додаткового закупорювального засобу;

9.1 – подача та закріплення додаткового закупорювального засобу.

10-й рівень:

10.0 – відсутній процес нанесення поточної інформації на споживчу упаковку;

10.1 – нанесення поточної інформації на споживчу упаковку дататором способом тиснення;

10.2 – нанесення поточної інформації на споживчу упаковку за допомогою друку;

10.3 – нанесення поточної інформації на споживчу упаковку дататором способом проколювання пакувального матеріалом;

10.4 – нанесення поточної інформації на споживчу упаковку за допомогою нанесення етикетки.

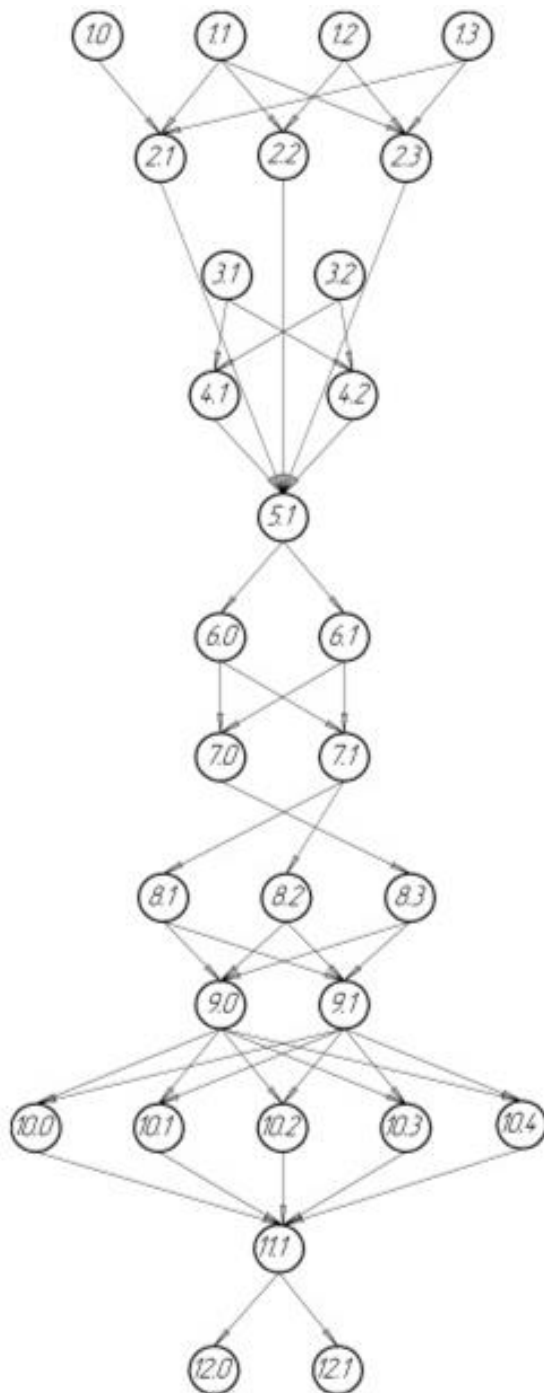


Рис. 1.25. Структурний граф технологічного процесу пакування пластичних продуктів у м'яку та напівжорстку споживчу тару

11-й рівень:

11.1 – виведення пакувальної одиниці з лунки транспортуючого механізму.

12-й рівень:

12.0 – відсутній процес подачі заповненої споживчої упаковки на приймальний стіл або відвідний магістральний конвеєр;

12.1 – подача заповненої споживчої упаковки на приймальний стіл або

відвідний магістральний конвеєр.

Використовуючи розроблені типові структурні графи технологічних процесів пакування пластичних продуктів, визначено раціональну послідовність виконання технологічних операцій, функціональні модулі для їх реалізації та встановлено логічні зв'язки між ними. Схема логічних зв'язків наведена на рис.1.26 [7].

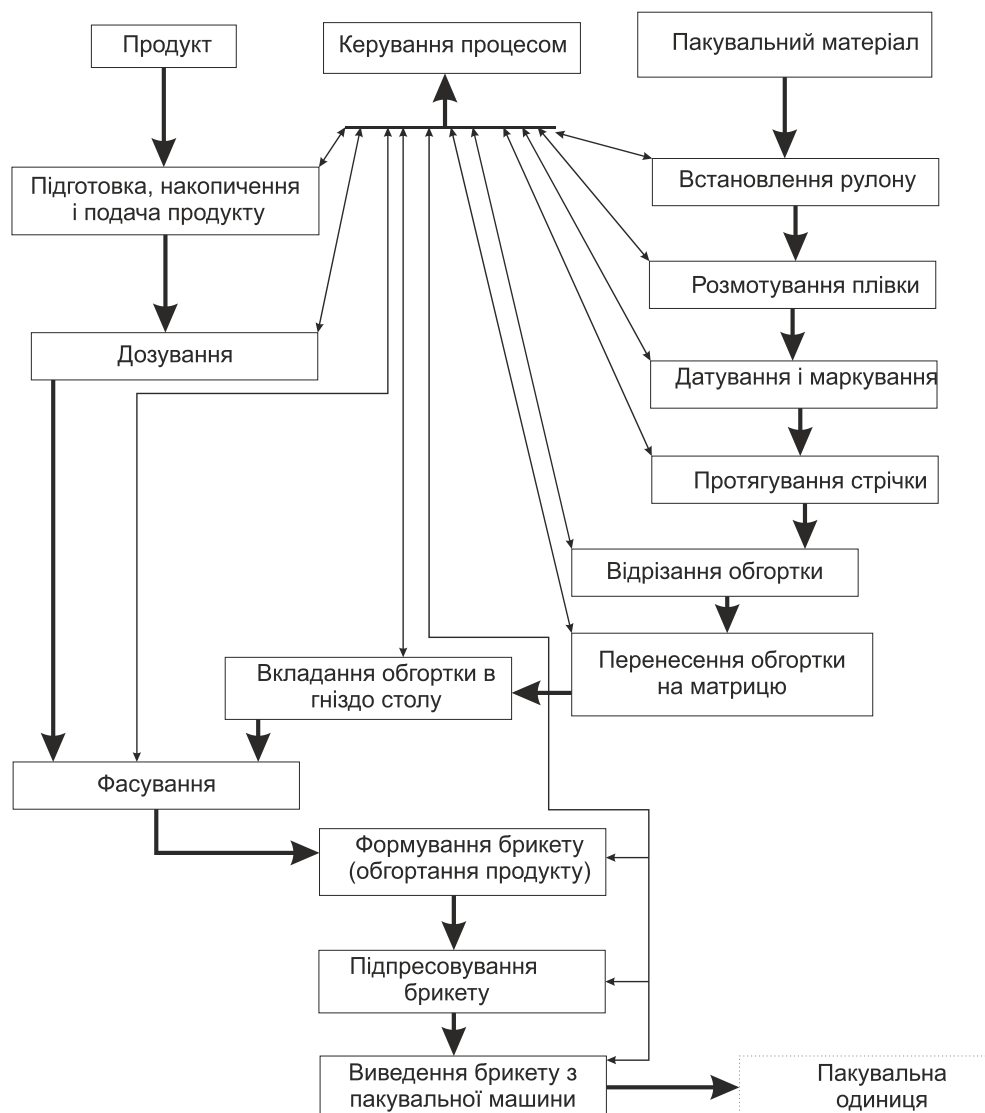


Рис. 1.26. Логічні зв'язки між функціональними модулями в технологічному процесі пакування пластичних продуктів методом обгортання

На основі аналізу конструкцій обладнання для пакування пластичних продуктів у споживчу тару розроблено типові структури машин, які відповідають структурі технологічного процесу пакування цих груп продуктів та включають у себе функціональні модулі, систему приводів виконавчих

механізмів та систему керування їх роботою (рис. 1.27) [7].

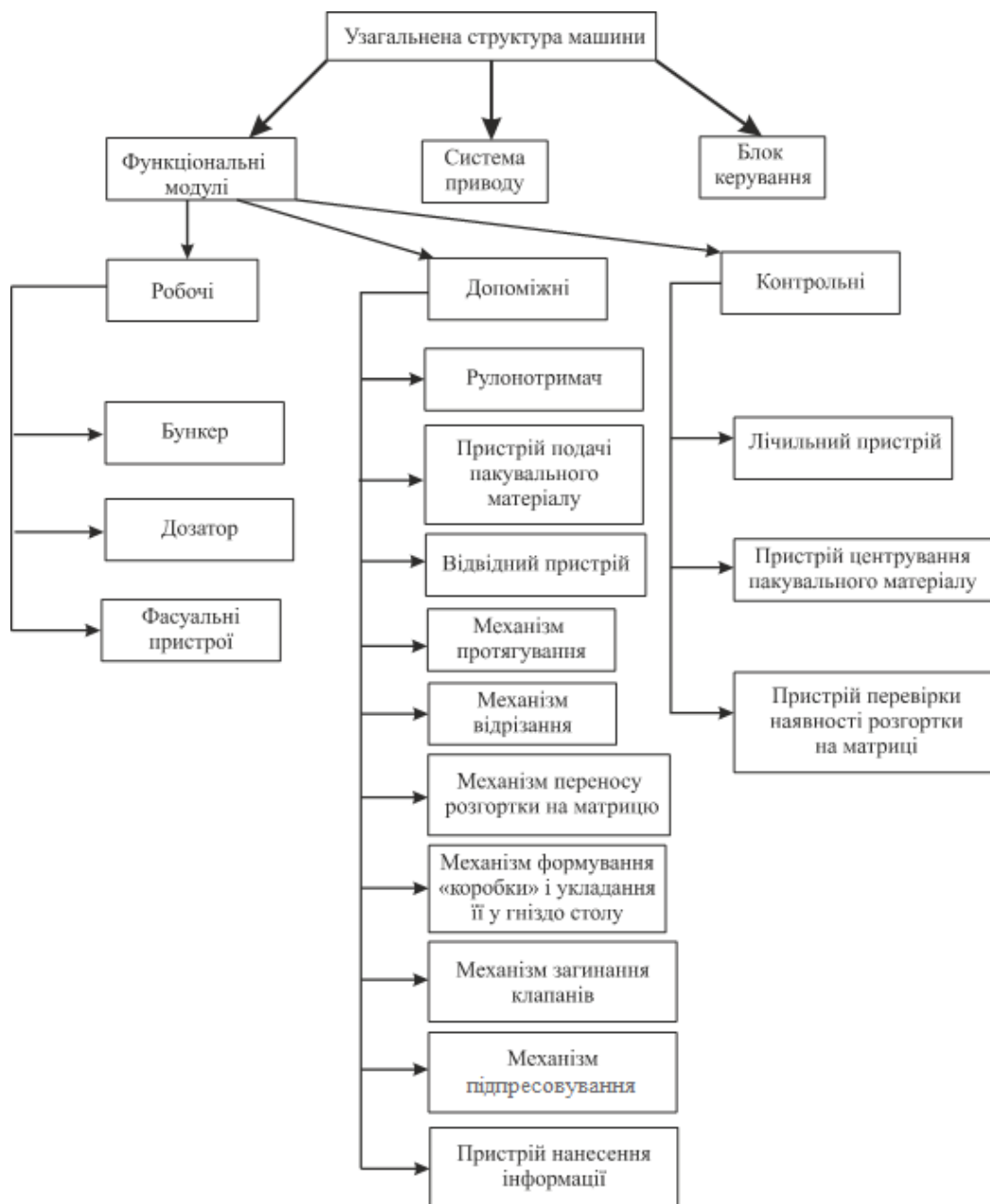


Рис. 1.27. Узагальнена структура обладнання для пакування пластичної продукції методом обгортання.

Побудова f - моделі (рис. 1.28) відбувалася шляхом декомпозиції службової функції. Структурна схема (s -модель) машини для пакування пластичних продуктів наведена у вигляді «І-АБО» дерева (рис. 1.29). На основі розроблених f та s моделей створено узагальнені функціонально-модульні структурні схеми машин (fs -моделі) для різних видів та типів споживчої тари (рис. 1.30-32).

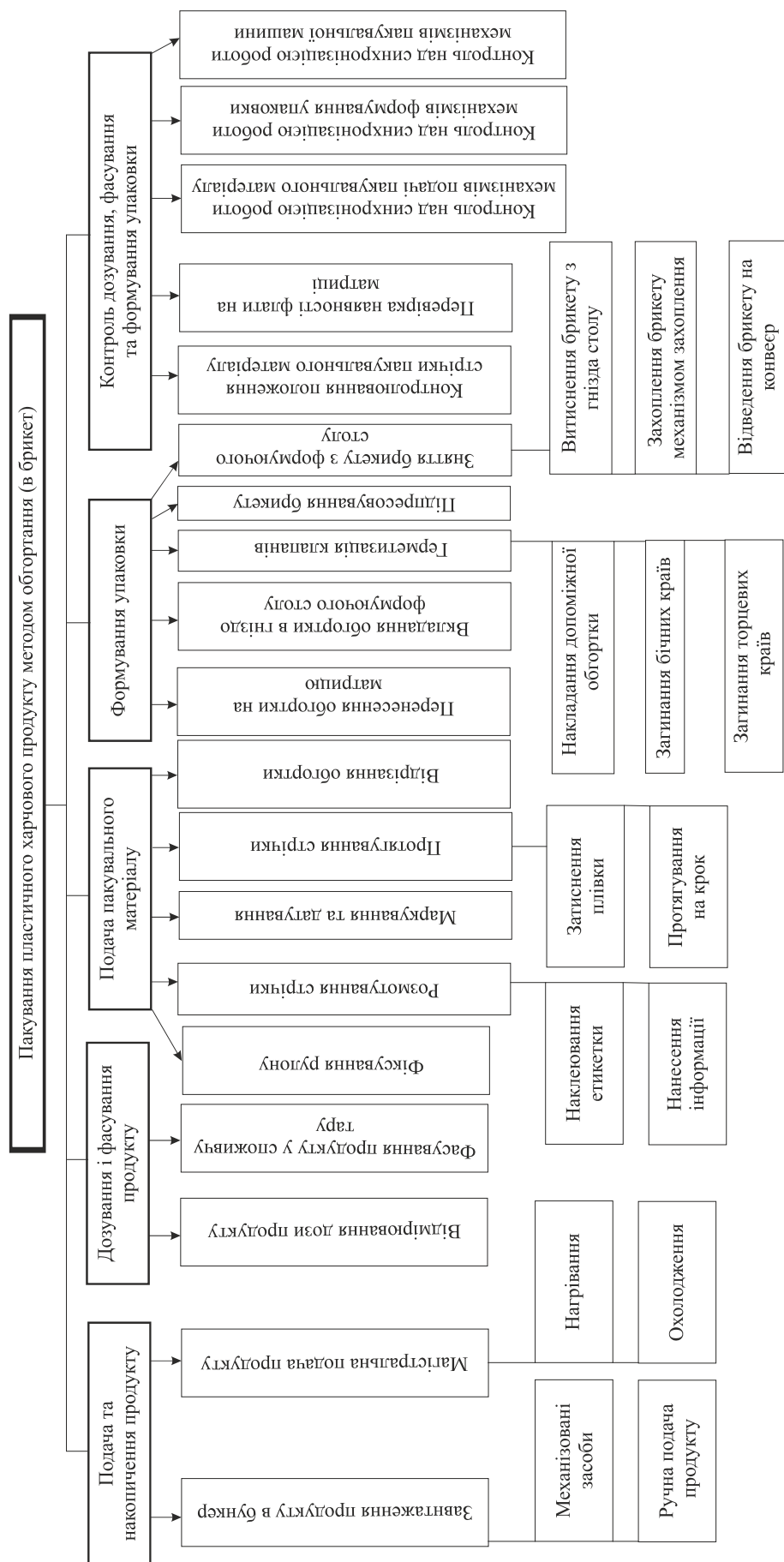


Рис. 1.28. Схема декомпозиції службової функції машини для пакування пластичних харчових продуктів методом обгортання (в брикет)

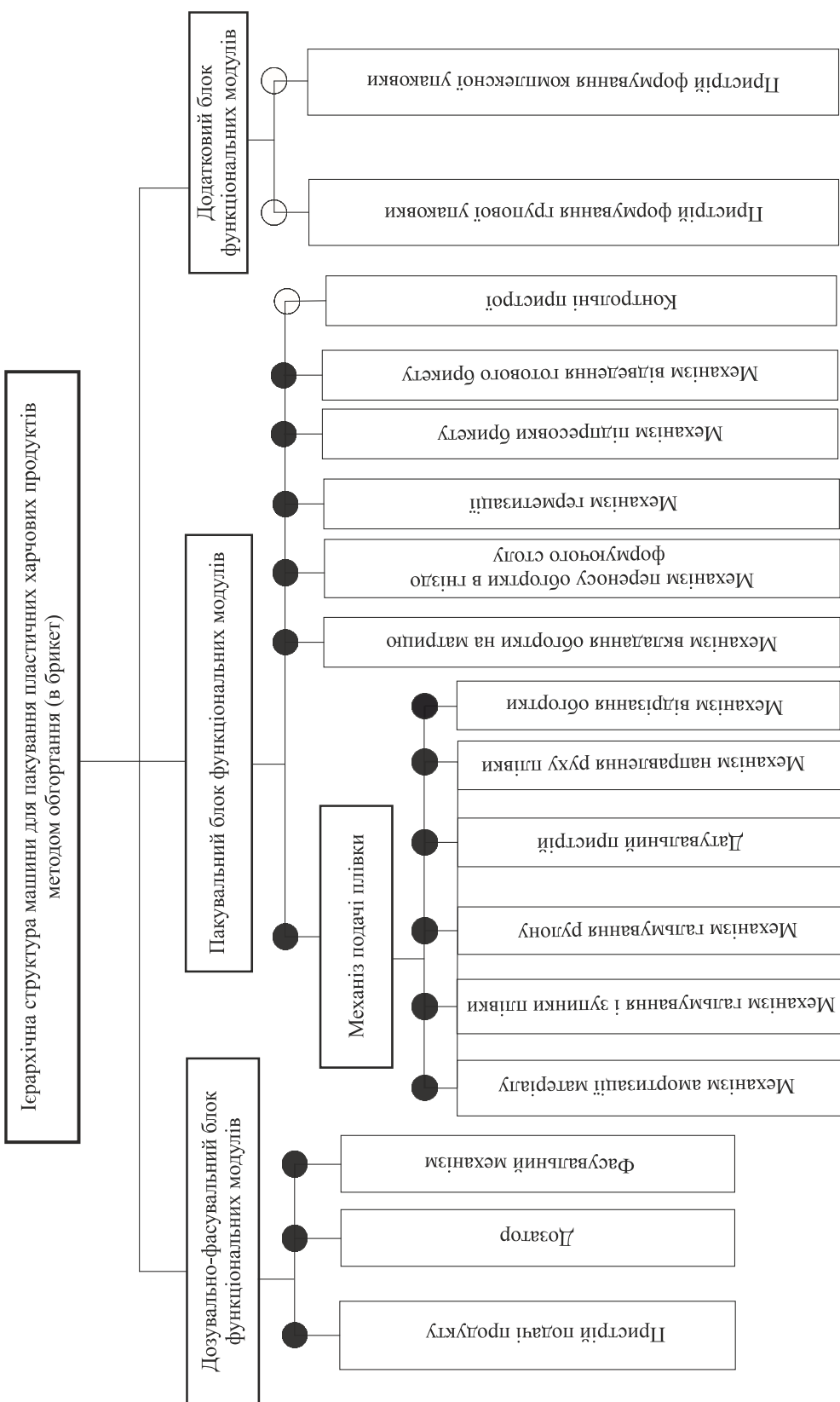


Рис. 1.29. Ієрархічна структура машини для пакування пластичних харчових продуктів методом обгортання: ● - вершини зв'язані «і», ○ - вершини зв'язані «або»

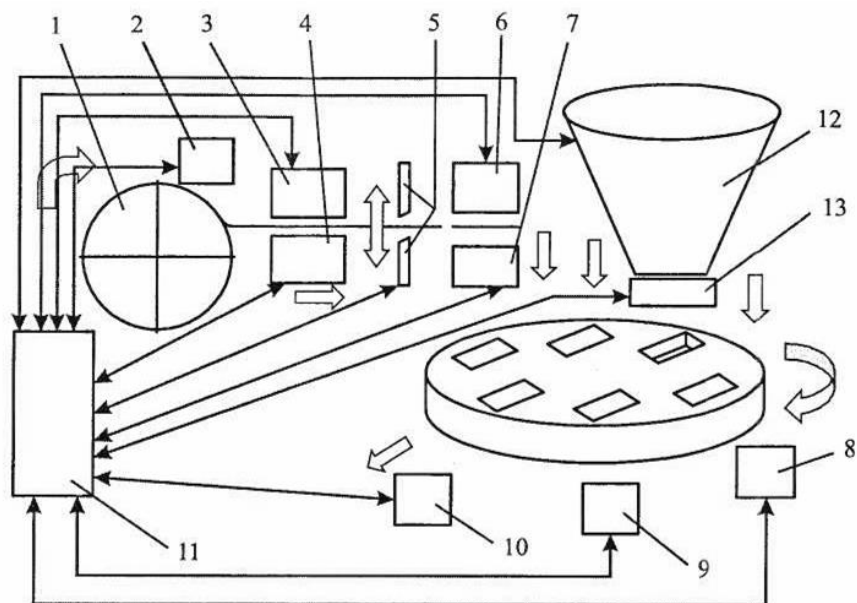


Рис. 1.30. Типова функціонально-структурна схема машини для пакування пластичних харчових продуктів методом обгортання: 1 – механізм подачі плівки; 2 – механізм центрування пакувального матеріалу; 3 – механізм датування; 4 – механізм протягування пакувального матеріалу; 5 – механізм відрізання обгортки; 6 – механізм перенесення обгортки на матрицю; 7 – механізм укладання обгортки в гніздо формуючого столу; 8 – механізм обгортання країв брикету; 9 – механізм підпресування брикету; 10 – механізм відведення готової упаковки; 11 – модуль керування; 12 – бункер; 13 - дозатор

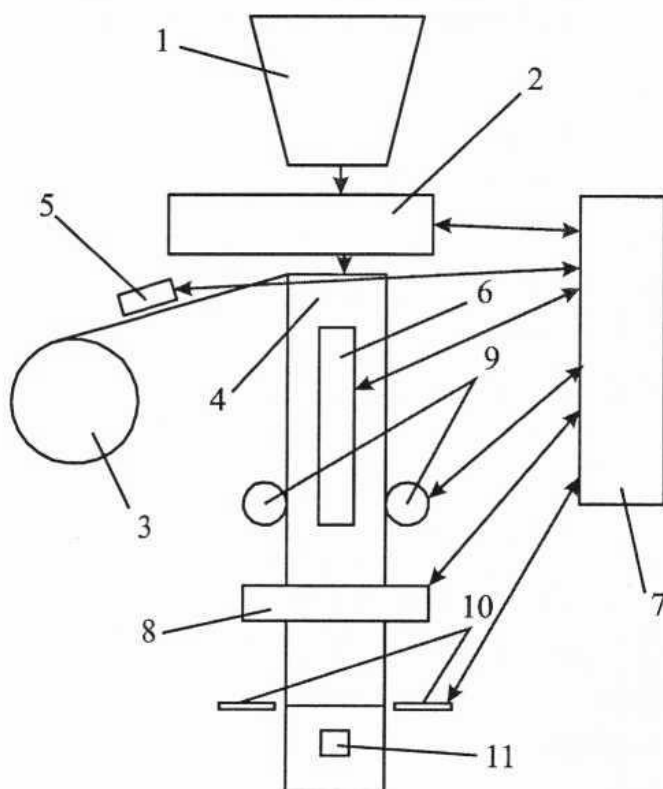


Рис. 1.31. Типова функціонально-структурна схема машини для пакування пластичних харчових продуктів у 3-и шовний пакет: 1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – механізм подачі плівки; 4 – рукавоутворювач; 5 – пристрій центрування пакувального матеріалу; 6 – пристрій поздовжнього зварювання; 7 – блок керування; 8 - пристрій поперечного зварювання; 9 – механізм протягування рукава; 10 – механізм відрізання упаковки; 11 – датувальний пристрій

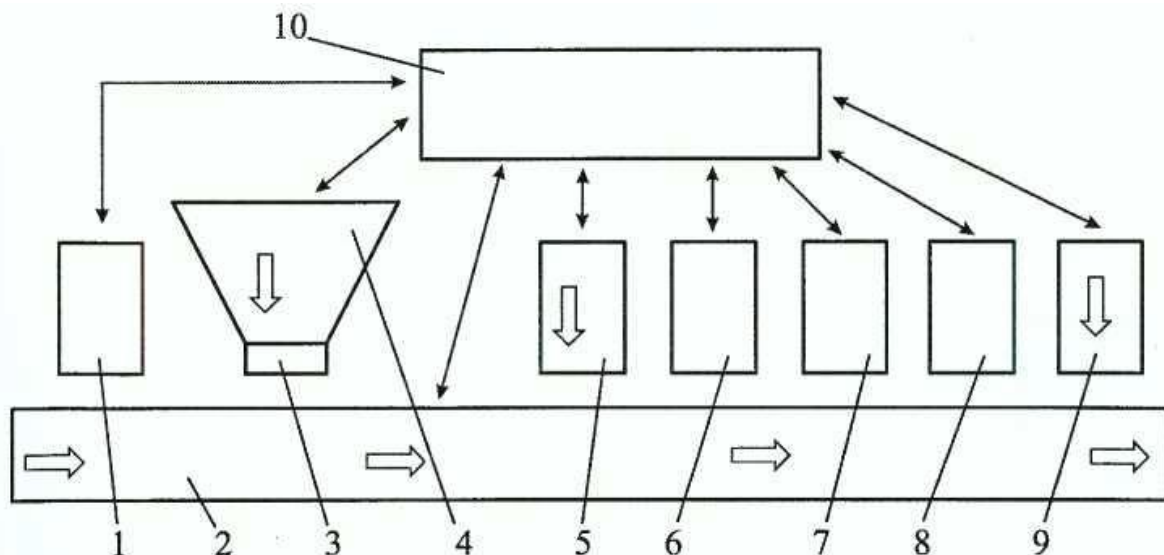


Рис. 1.32. Типова функціонально-структурна схема машини для пакування пластичних харчових продуктів у термоформовану полімерну тару (стаканчики/лотки): 1 – магазин споживчої тари та механізм подачі стаканчиків; 2 – транспортна система; 3 – дозатор; 4 – бункер продукції; 5 – магазин закупорювальних елементів та механізм їх подачі; 6 – пристрій герметизації тари зварюванням; 7 – вузол маркування і датування; 8 – пристрій оброблення УФ-лампами; 9 – магазин натискних кришок та механізм герметизації тари; 10 – блок керування

1.2.4. Типові конструктивні схеми обладнання для пакування в'язких та пластичних продуктів у різні види та типи тари

Обладнання для пакування в'язких та пластичних продуктів можна поділити на певні характерні групи, що зумовлено особливостями їх будови, траєкторією переміщення тари і продукту тощо. Всі вони характеризуються жорсткими циклами технологічного процесу. Переналагодження можливе лише за умови заміни або регулювання положення робочих органів машин, зміни розмірів та форми тари. Для об'єктивного аналізу розглянуто обладнання з різними технологічними схемами пакування в упаковки різних форм, розмірів та матеріалів (табл.1.3) [1,11,12,13,14].

Таблиця 1.3

Характеристики обладнання для пакування в'язких та пластичних продуктів у споживчу тару

№	Марка/ назва обладнання	Маса/ об'єм дози	Зображення обладнання	Спосіб пакування	Продук- тивність	Пакувальний матеріал	Вид упаковки	Параметри переналадод- ження
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обладнання для пакування в'язких продуктів								
1	Машина-автомат АЛУР-1500СМ	0,05-0,5 л		у попередньо виготовлену термоформовану тару	1300-1900 пак/год	удароміцний полістирол, поліпропілен, полівінілхлорид	стаканчик, кювета	зміна величини дози, зміна розмірів та форми тари
2	Машина-автомат "Пастпак Р"	до 750 мл		у попередньо виготовлену термоформовану тару	до 33 пак/хв	удароміцний полістирол, поліпропілен, полівінілхлорид	стаканчик, кювета	зміна величини дози, зміна розмірів та форми тари
3	Автоматична лінія лінійного Багаторядного типу Пастпак 6Л	до 750 мл		у попередньо виготовлену термоформовану тару	до 210 пак/хв	удароміцний полістирол, поліпропілен, полівінілхлорид	стаканчик, кювета	зміна величин дози основного продукту та наповнювачів, зміна розмірів та форми тари

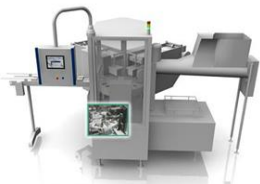
Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Машина-напівавтомат "Полур - 600"	0,05-0,5 л		у попередньо виготовлену термоформовану тару	до 800 пак /хв	удароміцний полістирол, поліпропілен, полівінілхлорид	стаканчик, кювета	зміна величини дози, зміна розмірів та форми тари
5	Машина-автомат для пакування Н1-МАЛ-3	50-250 мл		у попередньо виготовлену термоформовану тару	20-30 пак/хв	удароміцний полістирол, поліпропілен, полівінілхлорид	стаканчик, кювета	зміна величини дози, зміна розмірів та форми тари
6	Машина-автомат для фасування в банки ТВІСТ-ОФФ	до 1000 мл		скляна тара	до 25 пак/хв	скло	банка	зміна величини дози
7	Машина-автомат АТА	3-5 мл., 15 – 50 мл, 50 – 150 мл		у попередньо виготовлену тару	до 20 пак/хв	алюміній, багат шаровий полімерний матеріал	полімерні та алюмінієві туби	зміна величини дози

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Машина-автомат МА-500	100 – 500 мл		у сформований рукав	до 30 пак/хв	багатошарова полімерна плівка	пакет	зміна величини дози, зміна пакувального матеріалу
9	Машина-автомат М2	100 – 500 мл		у попередньо виготовлену тару	до 25 пак/хв	удароміцний полістирол, поліпропілен, полівінілхлорид	стаканчик, кювета	зміна величини дози, зміна розмірів та форми тари
10	Машина-автомат ДП-Н	100 – 500 мл		у попередньо- виготовлену тару	до 14 пак/хв	багатошарова полімерна плівка	дой-пак	зміна величини дози, зміна розмірів тари

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	Машина-автомат для фасування в пластикові ведра	до 2000 мл		у попередньо-виготовлену термоформовану тару	до 25 пак/хв	удароміцний полістирол, поліпропілен, полівінілхлорид	відро	зміна величини дози, зміна розмірів тари
12	Машина-автомат для пакування в упаковку "стік" з об'ємним дозатором	2-50 мл		у сформований рукав	до 60 пак/хв	багатошарова полімерна плівка	стік	зміна величини дози, зміна пакувального матеріалу
13	Машина-автомат ИИ-ПЗ	2-15 мл, 15-50 мл, 50-150 мл		у сформований рукав	до 40 пак/хв	багатошарова полімерна плівка	саше	зміна величини дози, зміна пакувального матеріалу
Обладнання для пакування пластичних продуктів								
14	Пакувальна машина-автомат 812	100-300 мл		обгортанням	до 240 брикетів/хв	каширована фольга, пергамент	брикет	зміна величини дози, зміна пакувального матеріалу

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Машина-автомат для пакування продукції в «чаб»	200-1000 мл		у сформований рукав	40-50 пак/хв	багатошарова полімерна плівка	чаб	зміна величини дози, зміна пакувального матеріалу
16	Машина-автомат М6АР2Т	250± 6 г, 100± 4 г		обгортанням	до 85 брикетів/хв .	каширована фольга, пергамент	брикет	зміна величини дози, зміна пакувального матеріалу
17	Машина-автомат Benhil 8362 Multipack	50/ 180/ 200/ 250 г		обгортанням	220 пачок/ хв	каширована фольга, пергамент	брикет	зміна величини дози, зміна пакувального матеріалу

Сучасні машини для пакування в'язких та пластичних продуктів у різні види та типи споживчої тари - це технічно та технологічно складні технічні системи, розвиток та вдосконалення яких є запорукою забезпечення харчових підприємств України вітчизняними конкурентоздатними зразками обладнання. Труднощі дослідного та розрахункового характеру, що виникають під час розв'язання задач аналізу та синтезу такого обладнання, можна усунути, застосувавши сучасні методи дослідження технологічних операцій та систем. Актуальним питанням, яке потребує вирішення під час конструювання функціональних модулів машин, є як впровадження новітніх адаптивних систем керування, так і використання прогресивних технологій та рішень.

1.3. Структурні схеми обладнання для групового пакування

1.3.1 Технології формування та способи скріплення групової упаковки

Для підвищення ефективності оброблення вантажів у логістичному ланцюгу виробник – споживач переважна більшість харчових підприємств поставляє свою продукцію у груповій упаковці.

За термінологічним визначенням групове пакування – це процес об'єднання певної кількості однотипних пакувальних одиниць або непакованої штучної продукції в одну вантажну одиницю.

Групове пакування має на меті створення вантажної одиниці, зручної для виконання навантажувально-розвантажувальних, транспортних і складських операцій на шляху руху продукції від виробника до споживача. Відповідно до такого визначення і призначення до групового пакування висуваються такі основні вимоги [1, 2]: надійний захист пакованої у споживчу тару харчової продукції від дії зовнішніх погодних факторів, статичного та динамічного навантажень, зовнішнього втручання тощо під час зберігання, транспортування, перевантаження та реалізації продукції. Стандартами передбачається, що геометричні розміри групового пакування повинні бути

кратними модулю $600 \times 400 \times 400$ мм, а його маса в основному не повинна перевищувати 15 кг. Очевидно, що в сучасних умовах розвитку оптової торгівлі та мереж супермаркетів групова упаковка виконує ряд додаткових функцій, споріднених з функціями споживчої упаковки – забезпечення зручності у користуванні під час перенесення, розпаковування, рекламної інформації товару та утилізації. Групова упаковка здебільшого формується із «жорстких», «м'яких» та «напівжорстких» пакувальних одиниць [1]:

- у формі паралелепіпеда – це пачки з картону, паперу для сипкої продукції, пакети з комбінованих матеріалів для рідкої та в'язкої продукції, брикети з пресованою і обгорненою в пакувальний матеріал продукцією, коробки з дрібно-штучною продукцією, пакети з комбінованих матеріалів для молочної продукції та різних видів напоїв; ця група упаковок є найбільш поширеною, виходячи із обсягів їх виготовлення [1, 2, 3];

- у формі циліндра – це скляні пляшки, ПЕТ - пляшки, металеві банки для напоїв, скляні банки для консервованої продукції та жерстяні банки для м'ясних і рибних консервів.

Для утворення групової упаковки використовують: транспортну тару у вигляді ящиків, виготовлених із гофрокартону або полімерів, коробів, спеціальних лотків із гофрокартону та полімерних матеріалів, плоскі листи, а також обгортувальні термоусаджувальну та розтягувальну полімерні плівки. Процес групового пакування полягає в послідовному формуванні структурних елементів групової упаковки та переміщення її в транспортну тару або скріплення обгортковим матеріалом.

Алгоритм технологічних операцій для виконання процесу формування структурних елементів групової упаковки залежить від форми пакувальних одиниць. Так, для пакувальних одиниць у формі паралелепіпеда така послідовність може бути наведена у вигляді, що наведена на рис. 1.33. Послідовність операцій формування структурних елементів групової упаковки з пакувальних одиниць у формі циліндра наведено на рис. 1.34.

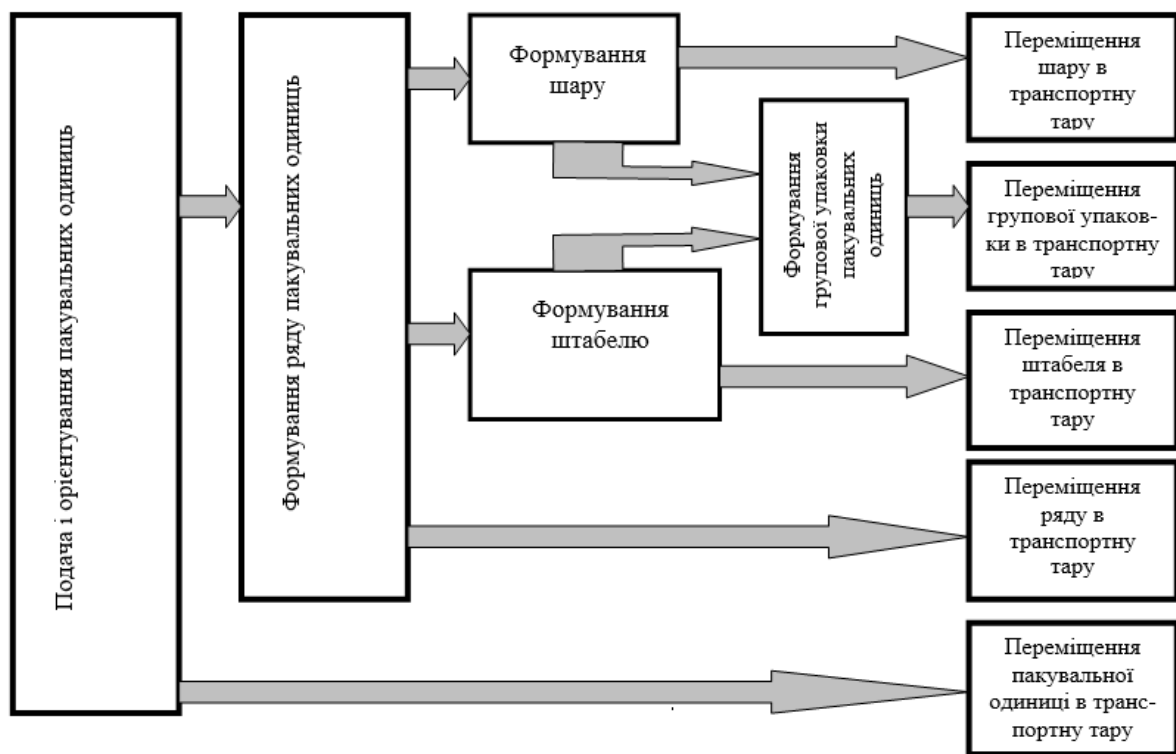


Рис. 1.33. Послідовність формування групової упаковки із пакувальних одиниць у формі паралелепіпеда.

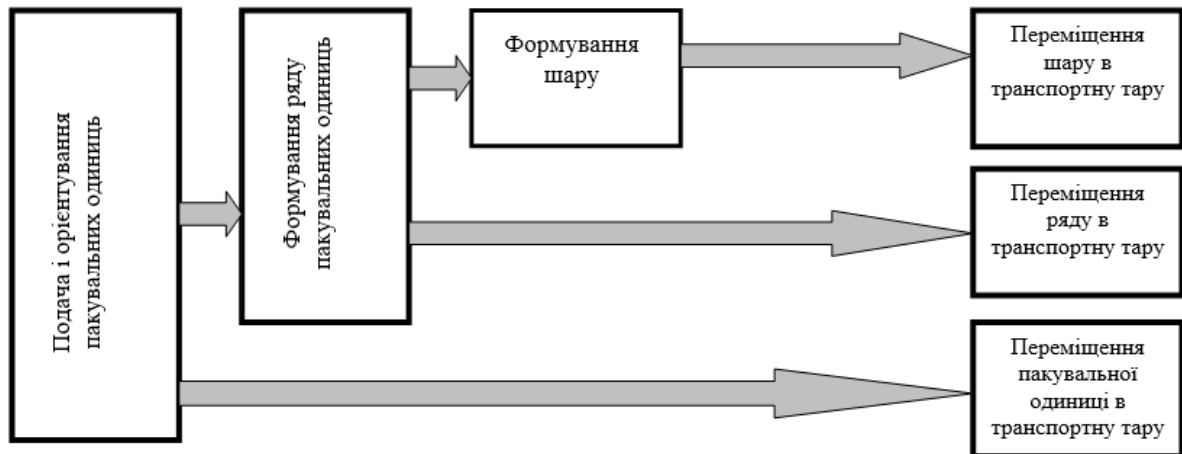


Рис. 1.34. Послідовність формування групової упаковки із пакувальних одиниць циліндричної форми.

Загалом машини для групового пакування можна поділити:

- за способом формування групової упаковки: машини з укладанням одиничними упаковками; машини з укладанням рядами упаковок; машини з укладанням шарами та штабелями упаковок;
- за видом переміщень структурних елементів групової упаковки: з

вертикальним завантаженням; з горизонтальним завантаженням; з комбінованим завантаженням;

- за конструктивним виконанням робочих органів: зіштовхувальні, піднімально-опускні, коливальні, відвідні, захватні, комбіновані;

- за видом приводу, який застосовується для робочих органів, їх поділяють на машини з пневматичним, електромеханічним та комбінованим приводом. При цьому робочі органи можуть забезпечувати лінійний, зворотно-поступальний, коливальний, обертальний та комбінований рухи.

Найбільш типовими технологічними операціями групового пакування є: формування ряду, шару (штабеля), групової упаковки; формування ящика, піддона або лотка; подача ящика, короба або лотка до місця завантаження; переміщення ряду, шару, групової упаковки в транспортну тару або обгортання її гнучкими пакувальними матеріалами.

Формування групової упаковки з подальшим її обгортанням термоусаджувальною полімерною плівкою дає можливість проводити транспортні операції з пакованою продукцією; міцно скріплювати споживчу тару, запобігаючи її відкриванню та пошкодженню під час транспортування; зменшувати вагу та вартість групової упаковки; контролювати стан пакованої продукції через плівку, її цілісність та якість зберігання; забезпечувати захист товару від вологи, пилу, бруду, механічних пошкоджень; збільшувати терміни зберігання продукції; попереджувати несанкціоноване відкривання упаковок, розкрадання або заміну продукції [3].

До недоліків такого способу утворення групової упаковки відносяться: велика енергоємність; додаткова дія температури на харчовий продукт; поступова втрата напруженого стану плівки протягом незначного періоду часу.

Із переліку пропозицій закордонних зразків можна виділити групу обладнання, в якому для формування групової упаковки використовуються картонні лотки або коробки. У конструкцію таких ліній додатково входять

модулі формування лотка або коробка із плоскоскладеної заготовки, яка подається із магазину заготовок. Технологічні операції формування картонних лотків складаються з двох етапів. На першому етапі згинаються два бокові бортики, а після подачі сформованого пакета (шару) упаковок другим етапом формуються передні і задні борти. У деяких зразках картонні лотки формуються відразу, а групова упаковка укладається в сформований лоток.

Традиційним способом формування групової упаковки є використання гофрокартонних ящиків. У стандартах, які діють в Україні, наведені різні типи ящиків: чотириклапанні, обгорткові, телескопічні, лоткові, пенальні та демонстраційні. Існує також багато конструкцій ящиків, які зібрані в системі FEFCO-ASSCO. Найбільш поширеними матеріалами є картон та гофрокартон [3]. До переваг групового пакування з використанням картонних ящиків відносяться: велика жорсткість готового виробу; зберігання геометричної форми, яка передбачає можливість подальшого формування штабелів; уніфікація розмірів готових виробів, що дає можливість ефективно використовувати площі та об'єми при їх транспортуванні та складуванні.

Так, сучасний дизайн картонних ящиків пропонує виробнику додаткові можливості для розміщення рекламної інформації про пакований продукт, а використання картонних ящиків, які за нескладних перетворень трансформуються у міні-вітрини для пакованого продукту – «шоу бокси» (від англ. show box), розширює їх функціональність у торгових мережах. Не останньою перевагою картонних ящиків є їх екологічність, можливість подальшої утилізації та повторного використання для виробництва картону та гофро-картону.

До недоліків групової упаковки такого типу можна віднести: неможливість її використання для важкої продукції; втрата фізико-механічних властивостей в умовах підвищеної вологості; обмежена протидія впливу зовнішніх статичних та динамічних навантажень.

Для упаковки циліндричної форми здебільшого використовують схему

формування групової упаковки шляхом пошарового укладання виробів, розділених між собою міжшаровою картонною прокладкою.

Для формування групової упаковки із комбінованих пакувальних одиниць складної форми або різних розмірів використовуються робототехнічні комплекси. Такі комплекси мають захоплювальні головки з механічними, пневматичними, вакуумними або комбінованими пристроями. Заміна захоплювальних пристроїв у разі зміни форми упаковки може відбуватись як автоматично, так і вручну. Рух укладальних головок і подача тари для завантаження відбувається синхронно.

Технологічний процес формування групової упаковки за таким способом передбачає сукупність типових технологічних операцій (рис. 1.35, *a*): формування ряду та шару упаковки; зіштовхування шару в тару на раніше укладений шар упаковок; переміщення тари донизу або догори на висоту шару; формування штабелю та його переміщення в тару; формування групової упаковки та її переміщення в тару.

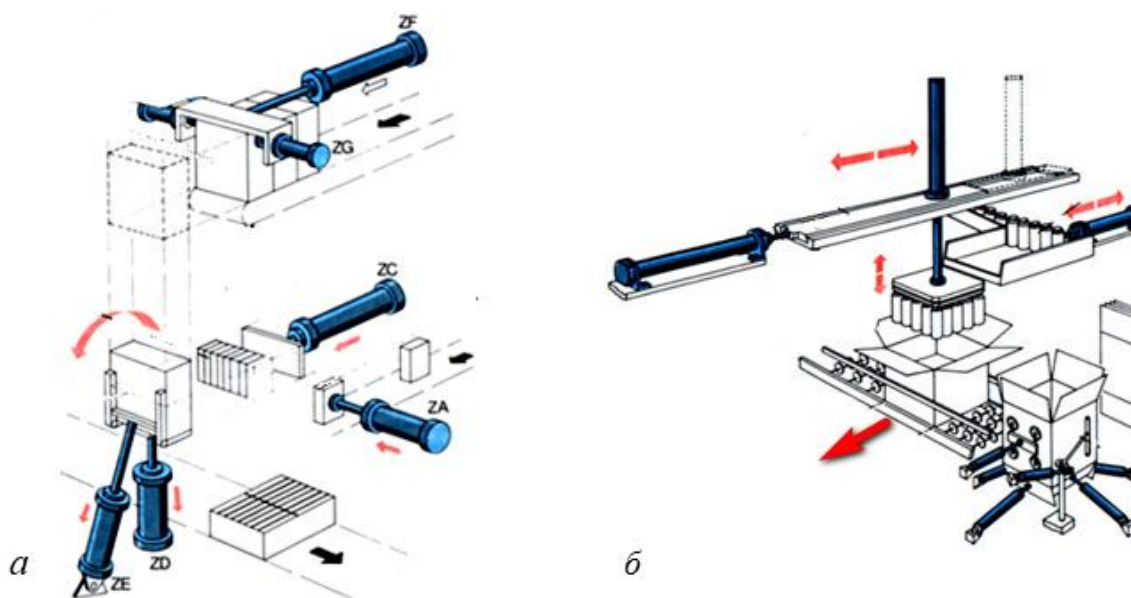


Рис. 1.35. Технологічні схеми утворення групової упаковки: *a* – для пакування за схемою 2D ($z=0$) переміщень структурних елементів групової упаковки; *б* – для пакування за схемою 3D ($z=1$) переміщень структурних елементів групової упаковки

Незалежно від форми, виду та розмірів споживчої упаковки формування групової упаковки відбувається за горизонтальною або вертикальною схемами. Так, горизонтальна схема передбачає подачу споживчої упаковки в задане положення з подальшим переміщенням її перпендикулярно напрямку подачі, внаслідок якого здійснюється набір ряду. Далі проводиться переміщення ряду на поверхню накопичення шару перпендикулярно напрямку руху під час накопичення ряду. Після завершення формування шару останній зіштовхується в тару на раніше укладений шар упаковок, який переміщується разом з ящиком донизу або догори на висоту шару. Вертикальний спосіб передбачає формування групової упаковки укладанням новоутвореного шару на попередній шляхом опускання їх донизу на висоту шару.

Основними технологічними операціями такої групи обладнання є подача та орієнтування упаковки і тари, формування структурних елементів групової упаковки з подальшим зіштовхуванням, покрокове переміщення пакувальної одиниці або тари.

Обладнання, в якому процес формування групової упаковки відбувається без відриву пакувальних одиниць або структурних елементів від несучих поверхонь робочих органів, відноситься до групи 2D ($z=0$) переміщення, а з відривом пакувальних одиниць або структурних елементів від несучих поверхонь робочих органів - до групи 3D ($z=1$) переміщення. Такий спосіб формування групової упаковки відрізняється від попереднього тим, що пакувальна одиниця або структурний елемент групової упаковки переміщується в тару або на обгортальний матеріал із відривом від несучих поверхонь робочих органів (рис. 1.35, б). Так, сформований шар пакувальних одиниць не зіштовхується в тару, а натомість піднімається, переміщується та опускається в тару або на раніше укладений шар упаковок. При цьому довжина ряду є рівною довжині групової упаковки. Набір шару здійснюється зіштовхуванням ряду перпендикулярно подачі вантажу. Далі послідовно

відбувається переміщення шару упаковок шляхом піднімання, переміщення та опускання в тару на раніше укладений шар упаковок. В обладнанні за схемою 3D ($z=1$) переміщення домінують операції орієнтування упаковки і тари, формування структурних елементів групової упаковки з подальшим їх переміщенням шляхом піднімання, переміщення та опускання, покрокове переміщення (опускання) транспортної тари.

Для розгляду всіх можливих схем технологічних процесів формування групової упаковки із пакувальних одиниць (за структурою - рис. 1.36) найзручніше користуватися графом технологічного процесу із застосуванням топологічного методу аналізу технологічних схем.



Рис. 1.36. Структурна схема поєднання матеріальних та інформаційних потоків під час виконання технологічного процесу групового пакування

Топологічний метод базується на аналізі математичних іконографічних моделей систем, до складу яких входять початкові, структурні, інформаційні та сигнальні графи технічних систем [4,5].

Застосування топологічних моделей дає змогу представити значний обсяг інформації про можливі схеми технологічних процесів групового пакування в наочній формі. Розроблений структурний граф технологічного процесу, що виконується пакувальним обладнанням за схемою 2D ($z=0$) переміщення, наведено на рис. 1.37.



Рис. 1.37. Структурний граф технологічного процесу групового пакування за схемою 2D ($z=0$) переміщень структурних елементів групової упаковки

У наведеному графі не враховуються операції формування структури групової упаковки шляхом утворення стопи. Це обумовлено тим, що проведений аналіз технологічних схем показав малу кількість фактів використання такого способу формування групової упаковки в силу складності його технічної реалізації. Послідовність виконання основних операцій групового пакування наведено у вигляді рівнів. Виконання технологічних операцій відображено переходами від вищого рівня до наступного нижчого і позначається стрілками.

Цифри в кружках позначають номери технологічних операцій та їх варіанти. Цифра «0» означає, що в розглянутому варіанті технологічного процесу, який проходить через даний рівень, наведена технологічна операція

відсутня. Наведений граф відображає лише наявність та порядок виконання окремих операцій технологічного процесу.

Номенклатурі технологічних операцій відповідає широка номенклатура основних робочих органів обладнання для групового пакування. Тому розгорнутий граф до основних пристроїв та механізмів машини виявився б значно складнішим. Для технологічного процесу групового пакування за схемою 2D ($z=0$) переміщення групової упаковки виділено такі характерні операції (за рівнями графа): 1.1 – переміщення споживчих упаковок від фасувальних машин подавальним конвеєром; 2.1 – орієнтування упаковок на конвеєрі; 3.1 – формування транспортної тари; 4.1 – подача тари в місце завантаження; 5.1 – поштучне зіштовхування упаковок у тару або на лоток; 6.1 – формування ряду упаковок; 7.1 – порядне зіштовхування упаковок у тару або на лоток; 8.1 – формування шару упаковок; 9.1 – пошарове укладання упаковок у тару або на лоток; 10.1 – переміщення тари або сформованого структурного елемента на крок у вертикальній площині; 11.1 – формування групової упаковки; 12.1 – переміщення групової упаковки в тару; 13.1 – переміщення заповненої тари у вертикальній площині; 14.1 – переорієнтування заповненої тари на 90^0 ; 15.1 – переміщення споживчої тари в зону скріплення.

Наведений граф охоплює всі можливі способи формування групової упаковки із найрізноманітніших розмірів споживчих упаковок форми паралелепіпеда. Формалізоване представлення такого графа можна навести у вигляді виразу:

$$\begin{aligned}
 S : m_1 x_{1.1} \wedge m_2 (x_{2.0} \vee x_{2.1}) \wedge m_3 (x_{3.0} \vee x_{3.1}) \wedge m_4 (x_{4.0} \vee x_{4.1}) \wedge m_5 (x_{5.0} \vee x_{5.1}) \wedge m_6 (x_{6.0} \vee x_{6.1}) \\
 \wedge m_7 (x_{7.0} \vee x_{7.1}) \wedge m_8 (x_{8.0} \vee x_{8.1}) \wedge m_9 (x_{9.0} \vee x_{9.1}) \wedge m_{10} (x_{10.0} \vee x_{10.1}) \wedge m_{11} (x_{11.0} \vee x_{11.1}) \wedge \\
 \wedge m_{12} (x_{12.0} \vee x_{12.1}) \wedge m_{13} (x_{13.0} \vee x_{13.1}) \wedge m_{14} (x_{14.0} \vee x_{14.1}) \wedge m_{15} x_{15.1}
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

де m_i – маса проміжних елементів групової упаковки; S – реалізація службової

функції обладнання групового пакування, яка характеризується його технологічними операціями; x_i – i -та технологічна операція.

Варто зазначити, що на основі аналізу структурного графу технологічного процесу визначено та прийнято найбільш типову послідовність операцій для обладнання за схемою 2D ($z=0$) переміщень структурних елементів групової упаковки:

1) **1.1 – 2.1 – 3.1 – 4.1 – 5.0 – 6.1 – 7.1 – 8.0 – 9.0 – 10.1 – 11.0 – 12.0 – 13.1 – 14.1 – 15.1.**

Така послідовність відповідає технологічному процесу, у якому виконуються такі операції: перевантаження споживчих упаковок; транспортування споживчих упаковок; подача тари в місце завантаження; орієнтування упаковок; формування структурних одиниць групової упаковки; зіштовхування структурної одиниці в тару; переміщення структурної одиниці групової упаковки та тари на крок донизу у вертикальній площині; переорієнтування заповненої тари на 90° ; переміщення заповненої тари (групової упаковки) до іншої технологічної операції.

2) **1.1 – 2.1 – 3.1 – 4.1 – 5.0 – 6.1 – 7.0 – 8.1 – 9.0 – 10.1 – 11.1 – 12.1 – 13.1 – 14.1 – 15.1.**

Відмінністю цього процесу є наявність операцій 8.1, 11.1 та 12.1, які забезпечують пошарове формування групової упаковки шляхом укладання шару споживчих упаковок на попередньо укладений шар із покроковим опусканням кожного із них на висоту шару та подальше переміщення сформованої групової упаковки в тару.

Отриманий граф дає можливість у разі потреби створити бажаний тип технологічного процесу шляхом виключення або заміни деяких операцій. Так наприклад, операція 5.1 виконується лише під час утворення групової упаковки з м'яких та напівжорстких споживчих упаковок. В інших випадках процес проходить через позицію 5.0. Наступний відрізок ланцюга 2.1 – 6.1 – 8.1 відповідає випадку, коли із споживчих упаковок формують спочатку ряд,

а потім із рядів набирається шар. Якщо в процесі формування ряду орієнтування вантажів непотрібне, відрізок має вигляд 2.0 – 6.1 – 8.1. У випадку, коли шар формується одразу з орієнтованих одиничних споживчих упаковок, процес проходить через позиції: 2.0 – 6.0 – 8.1.

Що стосується операцій 2.1 і 3.1, то у більшості випадків вони суміщені, оскільки виділення одиничної плоскоскладеної заготовки із магазину заготовок та подальше формування тари зазвичай виконується під час переміщення її до місця завантаження.

Можливі схеми технологічного процесу обладнання за схемою 3D ($z=1$) переміщень структурних елементів групової упаковки, в якій формування відбувається з відривом споживчої упаковки від поверхні переміщення наведені у вигляді структурного графу (рис. 1.38).

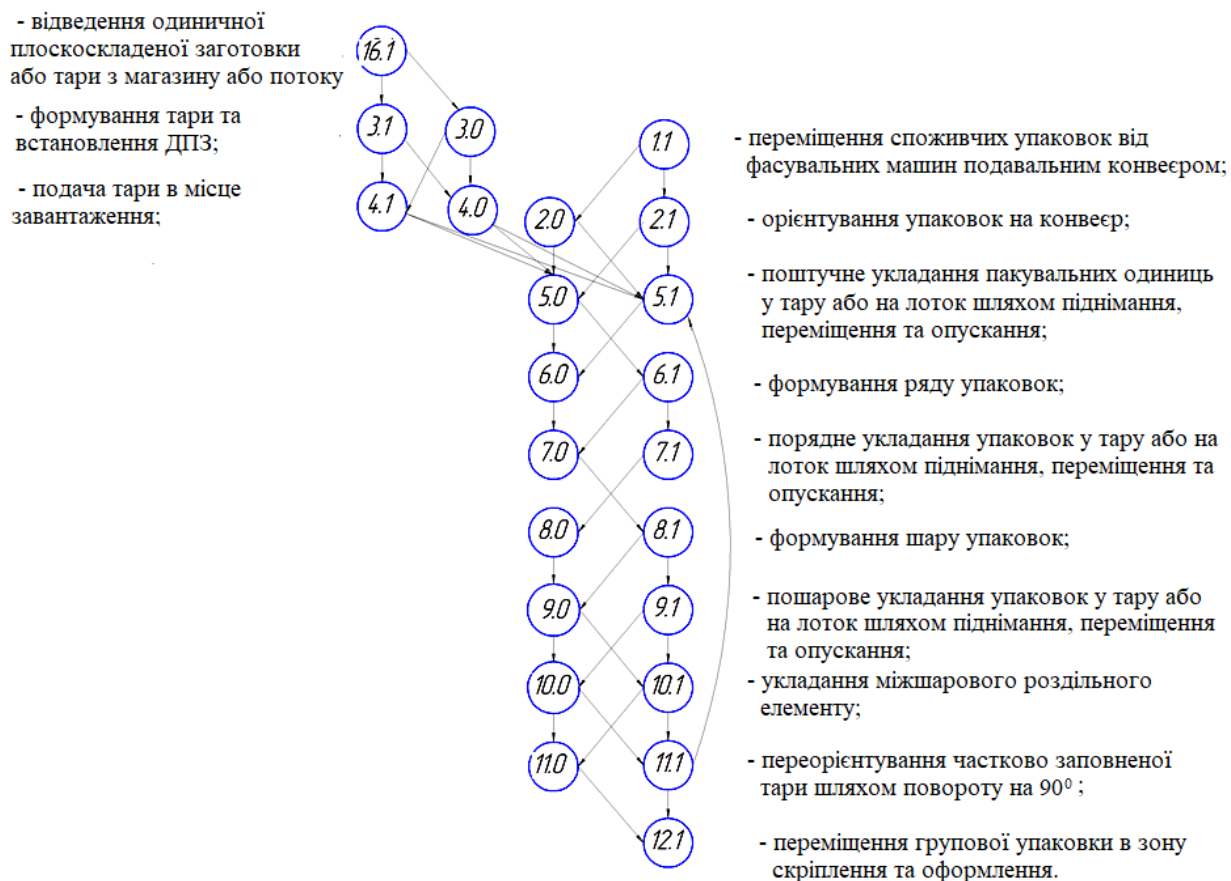


Рис. 1.38. Структурний граф технологічного процесу групового пакування, що виконується обладнанням за схемою 3D ($z=1$) переміщень структурних елементів групової упаковки

За структурою граф має наступні операції: 1.1 – переміщення споживчих упаковок від фасувальних машин подавальним конвеєром; 2.1 – орієнтування упаковок на конвеєрі; 3.1 – формування тари; 4.1 – подача тари в місце завантаження; 5.1 – поштучне укладання упаковок у тару або на лоток; 6.1 – формування ряду упаковок; 7.1 – порядне укладання упаковок у тару або на лоток; 8.1 – формування шару упаковок; 9.1 – пошарове укладання упаковок у тару або на лоток; 10.1 – укладання міжшарового роздільного елементу; 11.1 – переорієнтування тари або групової упаковки; 12.1 – переміщення групової упаковки в тару.

Наведений граф охоплює всі можливі способи формування групової упаковки із споживчих упаковок найрізноманітніших розмірів, форм (простих та складних), жорстких, напівжорстких та м'яких типів. Формалізоване представлення структурного графа має вигляд:

$$S : m_1 x_{1.1} \wedge m_2 (x_{2.0} \vee x_{2.1}) \wedge m_3 (x_{3.0} \vee x_{3.1}) \wedge m_4 (x_{4.0} \vee x_{4.1}) \wedge m_5 (x_{5.0} \vee x_{5.1}) \wedge \\ \wedge m_6 (x_{6.0} \vee x_{6.1}) \wedge m_7 (x_{7.0} \vee x_{7.1}) \wedge m_8 (x_{8.0} \vee x_{8.1}) \wedge m_9 (x_{9.0} \vee x_{9.1}) \wedge m_{10} (x_{10.0} \vee x_{10.1}) \wedge \\ \wedge m_{11} (x_{11.0} \vee x_{11.1}) \wedge m_{12} x_{12.1} \quad (3.2)$$

Обладнання за схемою 3D ($z=1$) формування групової упаковки має типову послідовність операцій: **1.1 – 2.1 – 3.1 – 4.1 – 5.0 – 6.0 – 7.0 – 8.1 – 9.1 – 10.0 – 11.0 – 12.1**. Наведена послідовність операцій відрізняється від розглянутих типових технологічних процесів формування групової упаковки обладнанням за схемою 2D ($z=0$) переміщень тим, що групова упаковка може формуватись з одиничних споживчих упаковок (відсутні операції 5, 6 та 7), ряду та шару споживчих упаковок.

Однак процес має певні недоліки, серед яких обмеження за продуктивністю, що є наслідком кінематичних обмежень руху робочих органів модулів, та підвищені вимоги до відхилень геометричних параметрів тари. Характерною конструктивною особливістю обладнання за схемою 3D ($z=1$) переміщень структурних елементів групової упаковки є наявність в усіх конструкціях захоплювальних пристроїв.

Таким чином, використовуючи розроблені типові структурні графи технологічних процесів групового пакування для обладнання за схемами 2D ($z=0$) та 3D ($z=1$) переміщень структурних елементів групової упаковки (рис. 1.36. та 1.37.), визначено раціональну послідовність виконання технологічних операцій, функціональні модулі для їх реалізації та встановлено логічні зв'язки між ними, які наведені на рис. 1.39 та 1.40.



Рис. 1.39. Логічні зв'язки взаємодії між функціональними модулями в технологічному процесі групового пакування в транспортну тару

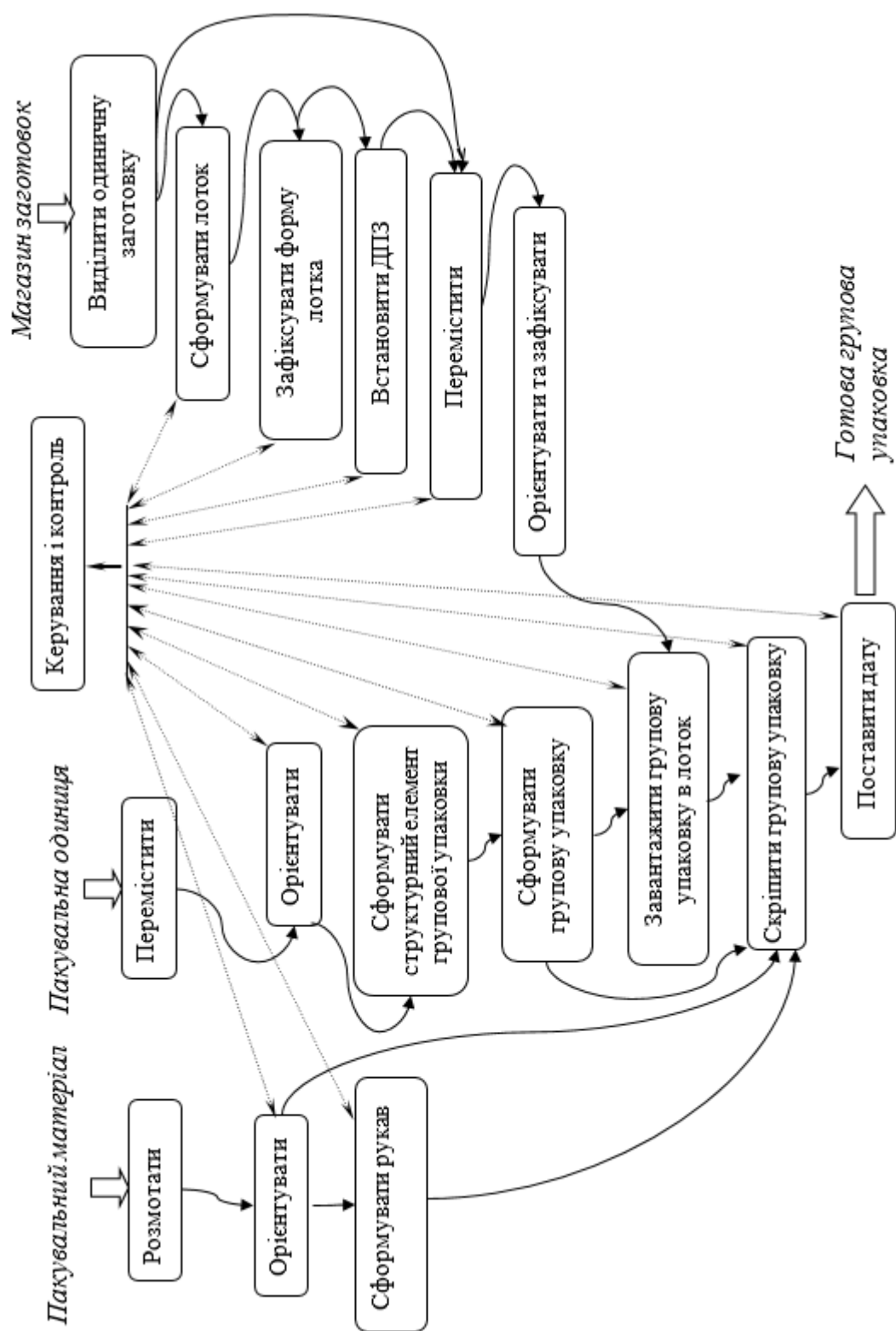


Рис. 1.40. Логічні зв'язки взаємодії між функціональними модулями в технологічному процесі групового пакування скріпленням термоусаджувальною полімерною плівкою

1.3.2. Структурні схеми обладнання для групового пакування

Умовно обладнання для групового пакування за критерієм універсальності можна поділити на дві групи. До першої групи відносяться спеціалізовані машини та лінії. Вони характеризуються жорсткими циклами технологічного процесу, а їх переналагодження на інші вироби можливе лише за умови часткової заміни та механічного переналагодження робочих органів функціональних модулів.

На основі аналізу конструктивних характеристик такого типу обладнання визначають найбільш типові функціональні модулі, які замінюють або механічно переналагоджують при зміні розмірів упаковки або тари.

Для об'єктивного аналізу структури машин розглянуто обладнання з різними технологічними схемами утворення групової упаковки з упаковок різних форм, розмірів та матеріалів із використанням ящиків, коробів, лотків, шоу-боксів тощо. Результати аналізу наведено у вигляді таблиці 1.4. З проведеного аналізу встановлено, що коефіцієнт універсальності знаходиться в межах від 0,5 до 0,77. Такі невеликі показники свідчать, що в усіх випадках зі зміною форм, розмірів упаковки або тари спеціалізоване обладнання для групового пакування потребує механічного переналагодження з частковою заміною модулів. Кількість модулів, які замінюються, та їх функціональне призначення залежить від способу формування групової упаковки. Так, при формуванні групової упаковки способом укладання доцільна заміна модулів захоплювальних пристроїв, а при формуванні способом зіштовхування – модулів формування та орієнтування тари, переміщення структурної одиниці групової упаковки. У значній частині модулів є доцільним їх конструктивне переналагодження із заміною частини їх елементів. До таких переналагоджувань відносяться зміна положення робочих органів, часткова зміна форм елементів робочих органів та величин їх переміщення.

Так, для обладнання, яке формує групову упаковку способом укладання, механічне переналагодження є доцільним у модулях піднімання-опускання та

переміщення, а в обладнанні, яке формує групову упаковку зіштовхуванням – в модулях зіштовхування та орієнтування. Поряд із цим під час зміни розмірів та форм тари в будь-якій схемі формування групової упаковки неодмінно має бути механічне переналагодження модулів орієнтування та фіксації тари. За ступенем складності переналагодження спеціалізоване обладнання можна умовно поділити на три групи. Перша група характеризується найменшою складністю і включає обладнання, в якому переналагодження пов'язане з можливою зміною лише характеристик тари.

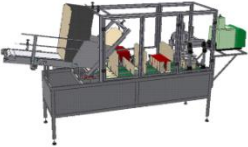
До другої групи відносять обладнання, в якому переналагодження пов'язане зі зміною характеристик упаковки. Третя група характеризується найбільшою складністю переналагодження, яке пов'язано як зі зміною характеристик упаковки, так і характеристик транспортної тари.

Обладнання, яке характеризується здатністю адаптуватись до умов виробництва без механічного переналагодження, а також багатофункціональністю технологічних операцій і великим різноманіттям алгоритмів керування, відноситься до групи універсального. Це здебільшого роботизовані технічні комплекси (РТК) [5-12].

РТК - це сукупність технологічного обладнання, яке складається з промислового робота (ПР) та технічних засобів додаткового оснащення, що автономно функціонують, здійснюючи багатократні цикли. Промислові роботи за характером програмування в аспекті їх розвитку поділяють на три покоління. Здебільшого сьогодні в Україні використовують роботи другого покоління. Вони характеризуються здатністю сприймати інформацію про зовнішнє середовище за допомогою сенсорних датчиків та можливістю працювати за гнучкою програмою керування. Третє покоління роботів лише починає активно розвиватись. До нього можна віднести інтегральні та інтелектуальні роботи, здатні самостійно адаптуватись до зміни умов виробництва.

Таблиця 1.4

Зведені характеристики спеціалізованого обладнання для групового пакування

N/N	Марка обладнання та найменування виробника	Ілюстрація обладнання	Спосіб формування групової упаковки	Продуктивність	Вид упаковок	Вид транспортної тари	Умови переналагодження	Ку
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Машина для групового пакування серії “pick&place” компанія «Фруктонад»		укладання	до 450 циклів за годину	тарна продукція циліндричної форми: пляшки, аерозольні флакони	короби, ящики з можливістю багат шарового укладання	заміна захоплювальної головки та пристроїв піднімання та переміщення	0,7
2	Машина для групового пакування Urmatic 4080 компанії «Агротрейд»		зіштовхування	120 пакетів за хвилину	м'які полімерні пакети різних розмірів	полімерні ящики IFCO розміром 400 × 600 мм	механічне переналагодження механізмів орієнтування, зіштовхування та фіксації ящиків	0,75
3	Машина для групового пакування УМ-6 ГК компанії «Машины и Технологии»		зіштовхування	до 6000 пакетів за годину	тарна продукція форми паралелепіпеда	гофротара розміром до 410×200×200 мм	механічне переналагодження механізмів зіштовхування з частковою заміною робочих органів механізмів формування шару.	0,67

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Пакувальна лінія Траураскер компанії «Машины и Технологии»		укладання	до 500 упаковок за годину	тарна продукція циліндричної форми	лоток розміром 300×350×300 мм	заміна захоплювальної головки та пристрою формування шару	0,78
5	Машина для групового пакування в картонні шоу-бокси компанія «Мерпаса»		зіштовхування	до 160 циклів за хвилину	плоскі пакети, пачки форми паралелепіпед а та пауч-упаковки.	картонні коробка, трей або шоу-бокси	механічне переналагодження позицій механізмів зіштовхування та заміна модулів формування ряду	0,77
6	Машина для групового пакування NV-003 компанії «ProSystem-Packaging»		укладання	до 350 коробок / год	скляні та полімерні пляшки, каністри, банки	картонні коробка	заміна захоплювального пристрою та переналагодження механізмів піднімання та опускання	0,75
7	Машина для групового пакування TLM F44 компанії «Gerhard Schubert»		укладання	120 шт / хв	брикети	картонні коробка з можливістю багатшарового укладання	переналагодження механізмів фіксації тари	0,5

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Машина для групового пакування FlexiCase компанії «CERMEX»		укладання	40 шт/хв	пляшки, пачки	картонні короба	заміна захоплювальної головки	0.66
9	Горизонтальний картонатор для упаковки в попередньо склеєну картонну коробку AS 120 компанії «BERGAMI»		зіштовхування	25 – 120 уп/хв	банки,штучна продукція форми паралелепіпеда	картонні короба з розмірами А (мм) 25×120 В (мм) 25 ×80 С (мм) 45× 200	механічне переналагодження робочих органів фіксування коробок без використання інструментів	0,74
10	Термоусадкова машина-напівавтомат ВР600 виробництва SmiPack		зіштовхування	до 600 упак за год	пляшки, банки, ящики, каністри та картонні пачки. Максимальні розміри продукції по ширині можуть досягати до 550 мм. Максимальна висота становить 250 мм	в поліетиленову термоусадкову плівку – полотно (60-100 мкм)	механічне переналагодження механізмів формування шару	0,73

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	Машина горизонтального автоматичного завантаження для упаковки продукції в картонну коробку CK25A компанії «LIAD Engineering»		зіштовхування	до 35 уп/хв	продукція форми паралелепіпеда	картонні коробки	переналагодження механізму зіштовхування під різні параметри продукції за допомогою поворотного важеля	0,69
12	Машина для групового пакування Мойрер CM / TP 25-B		зіштовхування	до 30 уп / хв	тарна продукція циліндричної форми, форми паралелепіпеда	упаковка в лотки методом «wrap-around», в короба RSC	механічне переналагодження механізмів формування шару	0,7

Саме промислові роботизовані комплекси [12] дають можливість виробнику пакованої продукції швидко переналагоджувати виробництво під час зміни попиту.

Типовий роботизований комплекс (РТК) для виконання операцій групового пакування (рис.1.41) складається з промислового робота 3, системи конвеєрів для подачі упаковки 1, конвеєра для подачі порожньої та відведення заповненої транспортної тари 2.

Промислові роботи можна класифікувати за різними ознаками, в тому числі: за видом операцій, за числом ступенів рухомості, за можливістю пересування, за способом встановлення на робочому місці, за видом системи координат руху робочих органів, за видом приводу, за видом системи керування, за способом програмування та інше [14].



Рис. 1.41. Робототехнічний комплекс для формування групової упаковки із пакувальних одиниць циліндричної форми в картонні ящики: 1– конвеєр подачі та формування блоку упаковок; 2– система подачі порожньої тари; 3– промисловий робот

Класифікація промислових роботів, які застосовуються в пакувальній індустрії для операцій групового пакування наведена на рис. 1.42.

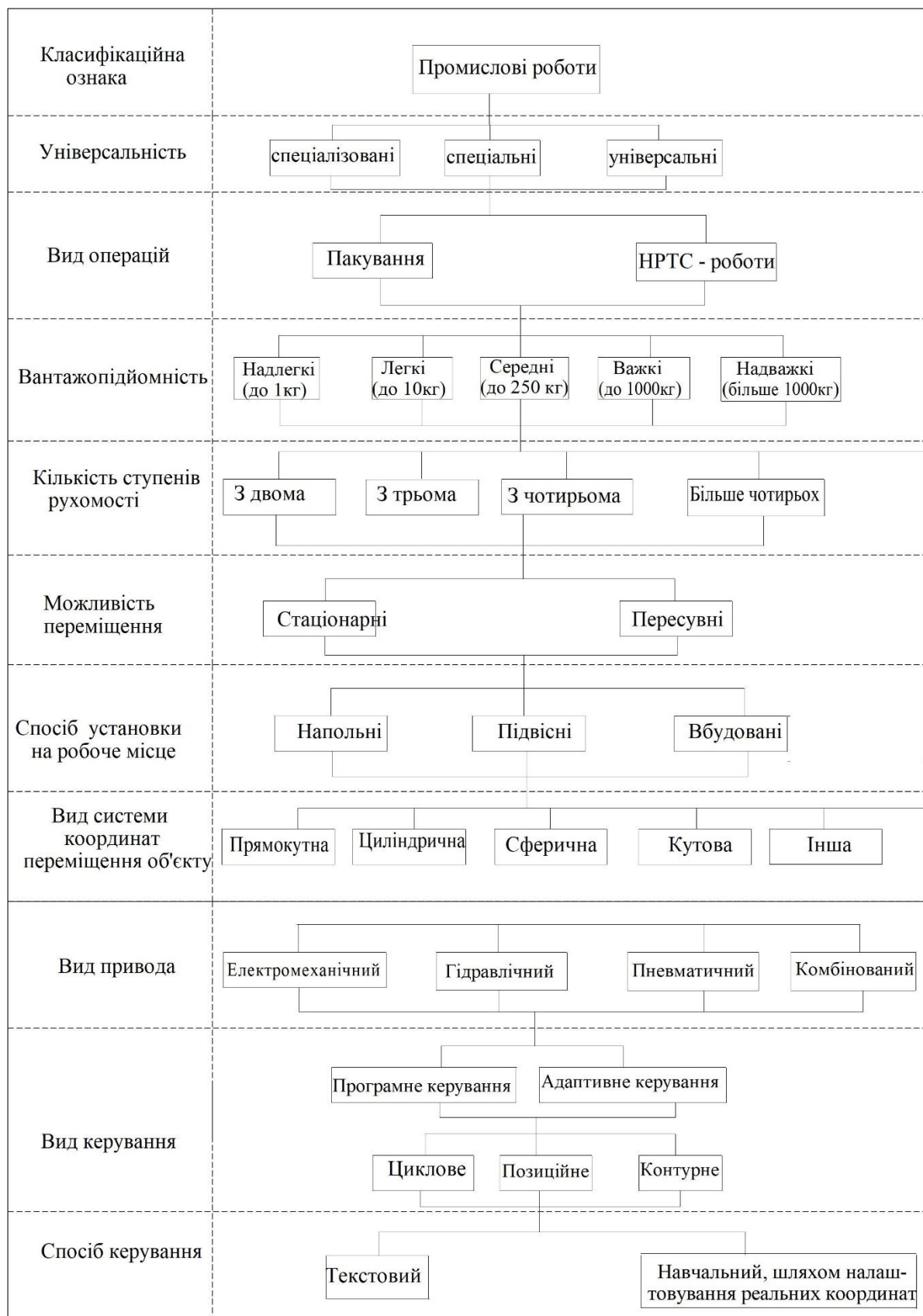


Рис.1.42. Класифікація промислових роботів для виконання операцій групового пакування

Сьогодні промислові роботи використовують на всіх стадіях технологічного процесу пакування. Так, вони виконують пакування дрібно-штучних виробів у споживчу тару, формування групової упаковки, збільшення вантажних одиниць.

Конструктивні характеристики роботизованих комплексів для групового пакування з різними технологічними схемами утворення групової упаковки, з упаковок різних форм, розмірів та матеріалів із використанням ящиків, лотків, шоу-боксів тощо наведені в табл. 1.5. Особливу увагу тут приділено конструкціям промислових роботів та способам їх переналагодження.

Як можна оцінити інформацію з табл. 1.5 основними в схемах формування групової упаковки в таких лініях є операції укладання. Більшість ліній здатні формувати групову упаковку з упаковок різної конфігурації, різних розмірів, мас, тощо. Здебільшого дрібно-штучний виріб може обгортатись у пакувальний матеріал або одразу вкладатись у споживчу або транспортну тару та до того ж бути розташованим там у певному порядку.

Із таблиці 1.5 витікає, що коефіцієнт універсальності для такого обладнання знаходиться в межах від 0,89 до 0,96. Велике значення показника універсальності показують, що в разі зміни форм, розмірів упаковки універсальне обладнання для групового пакування потребує переналагодження лише на рівні програмного забезпечення у вигляді зміни програми для мікропроцесорної системи керування. У багатьох лініях поряд із цим потрібно механічно замінити модуль захоплення, а при зміні розмірів та форм тари – здійснити механічне переналагодження модулів орієнтування та фіксації тари.

За ступенем складності переналагодження універсальне обладнання потребує висококваліфікованого обслуговуючого персоналу.

Обладнання, з якого складається типова схема роботизованого комплексу, умовно можна поділити на три основні групи.

Таблиця 1.5

Зведені характеристики універсального обладнання для групового пакування

№	Марка обладнання та найменування виробника	Ілюстрація обладнання	Спосіб формування групової упаковки	Вид робота	Вид споживчих упаковок	Вид транспортної тари	Умови переналадження	Ку
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Машина для групового пакування компанії «Мерпаса» в американський чотириклапанний, клапанний картонний ящик		укладання	багатофункціональний роботизований комплекс	упаковки флоупак, пакети - подушечки, дойпак, пляшки, банки, стаканчики, коробки і т.д	пакування в американський чотириклапанний картонний ящик різних типорозмірів	заміна захоплювального пристрою та перебудова технологічного процесу на програмному рівні	0,9
2	Машина для групової упаковки Robotic Solutions компанії «Cermex»		укладання	4 або 6-осьові роботи	пакети, стоячі пакети	картонний ящик різних розмірів	автоматично	0,94
3	Машина для групового пакування компанії «Gerhard Schubert»		укладання	трансмодуль TLM (одноосьовий транспортуючий робот)	пляшки, коробки, пакети	картонний ящик	зміна формату відбувається за лічені секунди за вибором: вручну або повністю автоматично	0,93

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Машина для групової упаковки TLM-F44, компанії «Gerhard Schubert»		укладання	два роботи типу TLM-F4	плоскі пакети, брикети	картонні ящики з можливістю багатошарового укладання	автоматично	0,95
5	Роботизована лінія для пакування компанії «Сама Group»		укладання	два двоосьових роботи	пакети флоу-пак із продукцією різних форматів з високим рівнем гнучкості	картонні ящики	автоматично	0,96
6	Моноблочна установка для формування групової упаковки компанії «Сама Group»		укладання	два двоосьових роботи	пакети флоу-пак	картонні коробочки	переналагодження на формат продукту здійснюється за допомогою додаткового механізму автоматичного звільнення головки	0,91
7	Машина-автомат укладання продукції в коробочки RACE TRACK компанії «ТараУпаковка. Урал»		укладання	2-х осьовий високошвидкісний робот PICK & PLACE з сервоприводом	пакети флоу-пак, доу- пак	картонні коробочки	автоматично	0,92

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Машина для групового пакування Case Packer Tinarelli CHM10 компанії «ТараУпаковка. Урал»		укладання	одноосний транспортуючий робот	картонні коробочки з продукцією, пакети flow-pack, тюбики та ін	ящики	автоматично	0,9
9	Машина для групового пакування ROBOMAX80 компанії «ITALPROJECT (Италия)»		укладання	2-х осьовий механічний робот з мультізахватною головою	пляшки, пластикові контейнери або баночки	короби	автоматично	0,93
10	Машина для групового пакування AZ39 компанії «ITALPROJECT (Италия)»		укладання	одноосьовий транспортуючий робот	пляшки	пластикові та картонні ящики	автоматично	0,9
11	Автоматична моноблочна лінія для пакування шоколадних батончиків в дисплей-коробки компанії «Сама Group»		укладання	двоосьовий робот з багатокішеним конвеєром	флоу-пак	дисплей-коробки	в автоматичному режимі	0,91

Перша – транспортна система, яка призначена для подачі споживчих упаковок, друга – промисловий робот, який виконує операції захоплення, переміщення та укладання упаковок в транспортну тару за попередньо заданою схемою та може адаптуватись до мінливих умов виробництва; третя – транспортна система подачі порожньої тари з магазину і відведення заповненої.

Використання роботів у лініях групового пакування крім переваг має ряд недоліків. Серед основних – велика кількість можливих траєкторій рухів захоплювального пристрою, що не використовують для виконання операцій групового пакування і як наслідок виробник отримує багато-функціональний робототехнічний механізм за велику вартість для вирішення обмежених технологічних процесів. Переналагодження комплексу потребує додаткового «навчання» робота і високої фахової підготовки обслуговуючого персоналу. Таким чином основною перевагою універсальних комплексів у порівнянні із пакувальним обладнанням спеціалізованого призначення є можливість формувати групову упаковку з різних за видом і типом пакувальних одиниць, наповнених продукцією різної номенклатури та можливістю швидкого переналагодження системи під час зміни форми, розмірів, ваги, циклу укладання, кількості упаковок у груповій упаковці.

Фактично використання промислових роботів у лініях групового пакування є малорентабельним і суттєво збільшує їх собівартість. Існує нагальна потреба в проектуванні нових зразків роботизованих ліній для групового пакування з розробкою нових моделей спеціалізованих роботів на основі модульного принципу проектування.

На основі аналізу конструкцій обладнання для групового пакування була розроблена типова структура машини для групового пакування, яка відповідає структурі технологічного процесу формування групової упаковки та включає в себе функціональні пристрої за ДСТУ 2379-94, систему приводу виконавчих механізмів та систему керування їх роботою (рис. 1.43. та 1.44).



Рис. 1.43. Узагальнена структура обладнання для групового пакування в транспортну тару

За визначенням функціональні пристрої є технічними засобами реалізації технологічних операцій, з яких складається технологічний процес групового пакування.

Всі пристрої та механізми в обладнанні для групового пакування можна поділити на три групи за функціональною ознакою. До першої групи відносяться основні механізми, які виконують окремі операції та безпосередньо контактують із споживчими упаковками або структурними елементами групової упаковки. До них відносять: механізми формування ряду, шару, штабеля, стопи; механізми переміщення групової упаковки. Друга група об'єднує допоміжні пристрої, які забезпечують формування тари, її

переміщення та скріплення. До них відносять пристрої виділення одиничної заготовки, формування тари, фіксування форми тари, переміщення та орієнтування тари. Третя група складається з додаткових пристроїв, що виконують контрольно-вимірювальні операції за рахунок використання систем зворотного зв'язку з елементами контролю.

До додаткових пристроїв відносять пристрої контактного та безконтактного контролю положення робочих органів, структурних елементів групової упаковки, тари тощо.



Рис. 1.44. Узагальнена структура обладнання для групового пакування скріпленням термоусаджувальною полімерною плівкою

Керування основними, допоміжними та додатковими функціональними модулями забезпечується загальною електронною системою, яка синхронізує їх роботу відповідно до заданого технологічного процесу формування

групової упаковки. Слід зазначити, що з аналізу типових структур обладнання для групового пакування можна зробити висновок про функціональну обмеженість його подальшого розвитку. Наприклад, досить складно реалізувати нагальні вимоги сьогодення щодо забезпечення різних технологічних процесів групового пакування в одній машині та швидке переналагодження обладнання при їх зміні.

Системний підхід до аналізу конструкцій обладнання для групового пакування передбачає розгляд їх побудови у вигляді концептуальних моделей, тобто таких абстрактних моделей, які відображають їх структуру побудови та зв'язки між їх елементами. Машини для групового пакування характеризуються різноманітністю компонувань [15], які можна розрізнити за наступними ознаками: за характером міжопераційного переміщення споживчих упаковок та елементів групової упаковки; за схемою розташування функціональних модулів у просторі (рис. 1.45).



Рис. 1.45. Класифікація компонувань машин для групового пакування

Аналіз конструкцій обладнання для групового пакування показує, що кожний виробник такої продукції пропонує на ринок як одиничні зразки, так

і широкий спектр їх модифікацій, які створені шляхом використання відповідних методів компоновки. Переважно використовуються методи поділення, об'єднання та інверсії. Так, метод розділення передбачає утворення складних конструкцій обладнання шляхом розділення складних за конструкцією вузлів на окремі прості механізми. Метод об'єднання передбачає створення обладнання шляхом сполучення в один модуль механізмів різного призначення. Метод інверсії передбачає конструктивну заміну одного функціонального модуля іншим зі зміною їх просторового розміщення.

Найбільш поширеним в обладнанні для групового пакування є метод інверсії. Зокрема, в різних модифікаціях спостерігається зміна модулів орієнтування, зіштовхування та формування групової упаковки залежно від її типу та форми[16]. Так, наприклад, для обладнання, в якому траєкторія руху структурного елемента групової упаковки відбувається по 3D ($z=1$) переміщенню, метод інверсії передбачає зміну захоплювальних пристроїв. Обладнання, створене за таким методом, має оптимальні габарити модифікованих зразків і відрізняється зміною просторового компоновки функціональних механізмів від горизонтального до вертикального.

Метод поділення спостерігається в конструкціях приводів механізмів. Якщо виконавчі механізми перших машин для групового пакування приводились в рух від одного двигуна за допомогою кінематичних зв'язків, то на сучасному етапі практично кожен робочий орган приводиться в дію від окремого привода.

Результати застосування методу об'єднання спостерігаються в будовах порталних роботів для групового пакування, де поєднуються механізми піднімання і переміщення в одному функціональному модулі.

Поруч із застосуванням зазначених методів все більшого поширення набувають інші напрямки вдосконалення обладнання для групового пакування. Одним із них є дублювання функціональних модулів, тобто

введення до складу конструкції двох і більше функціональних модулів одного і того ж функціонального призначення. Прикладом реалізації такого методу є: об'єднання в машині однотипних функціональних механізмів, які працюють синхронно для утворення проміжних елементів групової упаковки у випадку подачі споживчих упаковок з декількох конвеєрів; використання декілька пар функціональних захоплювальних модулів для укладання шарів упаковок, що забезпечує перехід від машини дискретної дії до машини безперервної дії та підвищує продуктивність внаслідок скорочення тривалості операцій укладання; створення декількох місць завантаження групової упаковки в тару за рахунок встановлення двох (або більше) паралельно розташованих функціональних модулів подачі та відведення заповненої тари.

Конструктивні особливості машин для групового пакування народжуються в процесі еволюції як обладнання, так і об'єктів обробки, і розвиток структури конструкцій веде, як до розширення функціональних можливостей машин, так і підвищення показників ефективності їх роботи, зокрема:

- підвищення продуктивності досягається скороченням тривалості формування структурних одиниць групової упаковки шляхом впровадження раціональних за швидкодією законів руху, а також використанням багатопотокових схем подачі споживчої упаковки і тари;

- підвищення універсальності обладнання для групового пакування, спрямоване на швидке переналагодження у випадку зміни типорозмірів упаковки, тари та типу пакувального матеріалу;

- автоматизація операцій утворення групової упаковки за допомогою програмно керованих пристроїв, які у різних машин через відповідні датчики керують автоматичною роботою активних робочих органів, здійснюють контроль положення упаковки, тари, захоплювальних пристроїв тощо;

- формування комплексної групової упаковки із споживчих упаковок, пакованих різними харчовими продуктами;

– покращення функціональних потреб групової упаковки з урахуванням її безперервного розвитку.

Доцільність та ефективність наведених розробок доведена їх ефективним впровадженням у виробництво як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками обладнання для групового пакування. Поряд із цим розвиток структури обладнання нового покоління для групового пакування пригальмовує прагнення конструкторів і виробників обмежуватися постійною модернізацією існуючого.

З іншого боку, через можливі кризові явища в економіці, реалії сьогодення пакувальної індустрії характеризуються нестабільністю та не прогнозованістю номенклатури ринку пакованої продукції, його залежністю від фінансового стану споживача, що потребує від виробників суттєвих кроків щодо особливих вимог до пакувального обладнання.

При цьому слід врахувати, що останнім часом спостерігається формування групової упаковки з виробів, пакованих невеликими дозами харчових продуктів. Така тенденція пояснюється намаганням виробників задовольнити вимоги споживача в межах його купівельної спроможності.

На основі аналізу перерахованих вимог до новітніх конструкцій обладнання для групового пакування та використання алгоритму побудови концептуальної моделі, який базується на засадах SADT методології (англ. “Structured Analysis & Desing Technique”) – структурного аналізу і проектування було побудовано функціонально-модульні структури обладнання для групового пакування у вигляді системного опису моделей: функціональної (*f*-модель) та структурної (*s*-модель). Побудова *f* - моделі відбувалася шляхом декомпозиції службової функції, тобто послідовному визначенні функцій наступного рівня з функцій попереднього, починаючи з головної, та встановлення технологічних операцій для їх виконання. Розроблений граф декомпозиції службової функції машини для групового пакування наведений на рис. 1.46.

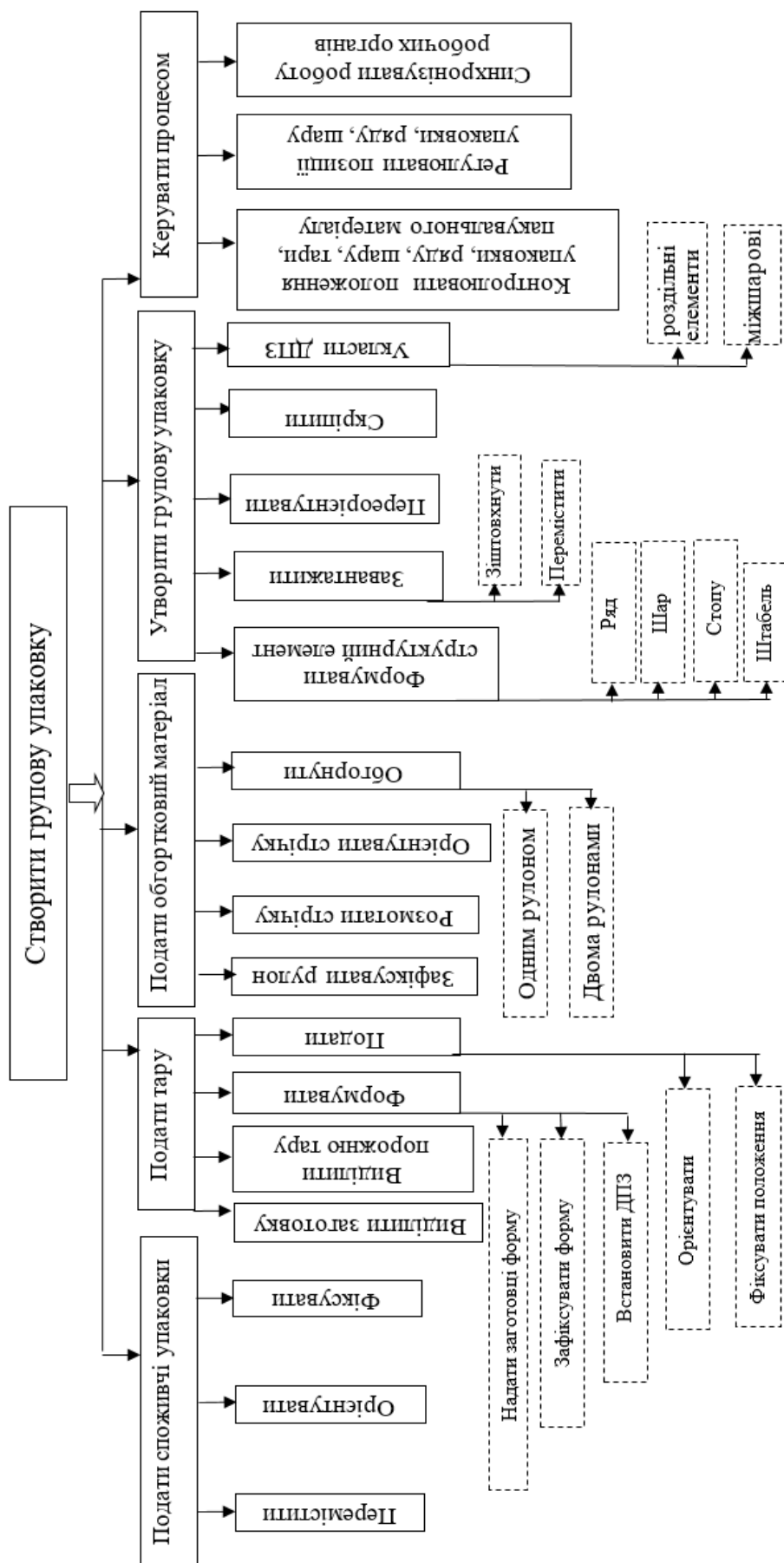


Рис. 1.46. Схема декомпозиції службової функції машини для групового пакування

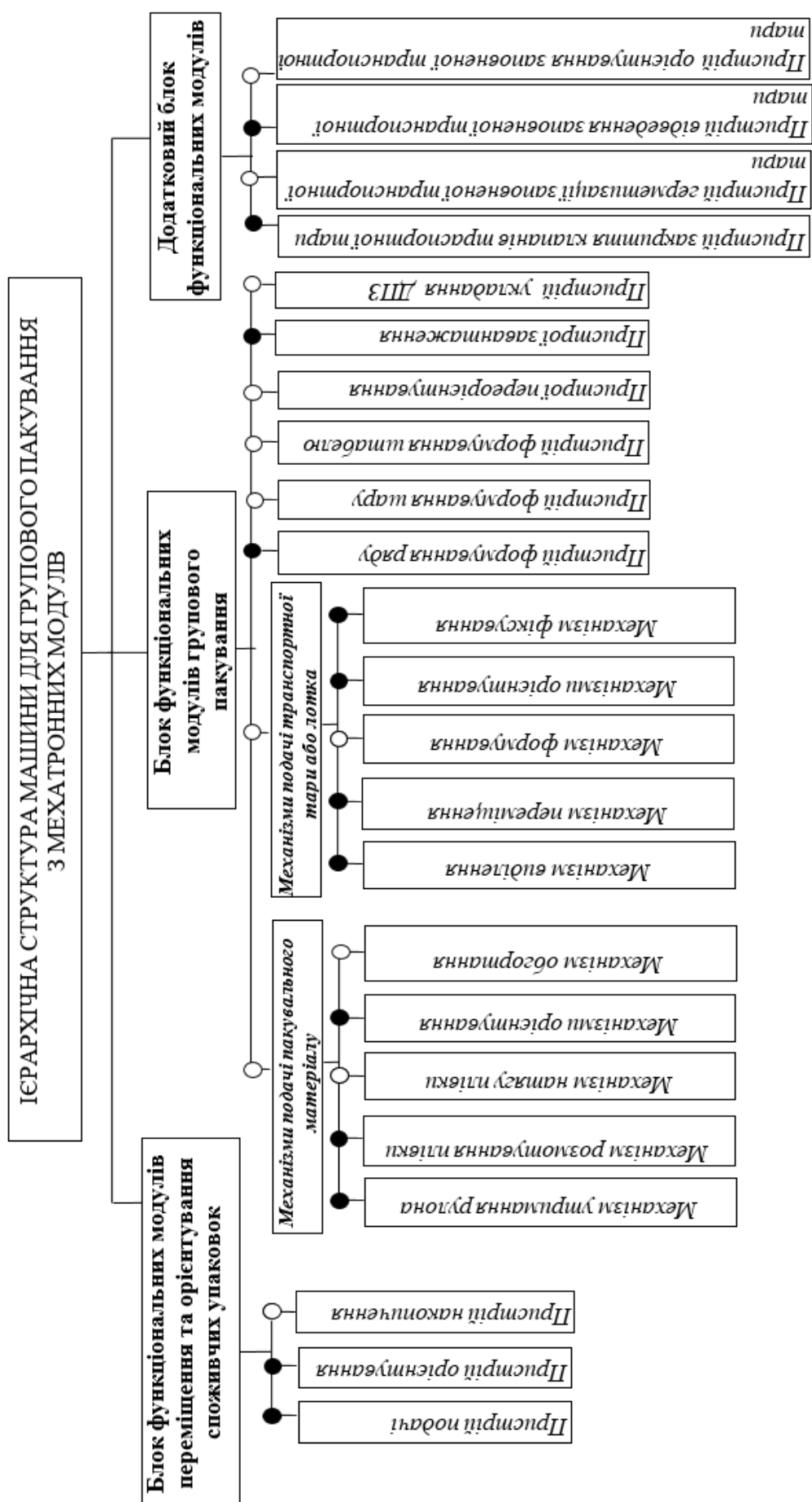


Рис.1.47. Узагальнений граф компоновки структури машини для групового пакування з мехатронних модулів:

● - вершини зв'язані «і»; ○ вершини зв'язані «або»

Більш поглибленим описом концептуальної моделі обладнання для групового пакування є побудова s-моделі. За результатами дослідження (табл. 1.4. та 1.5) розроблена узагальнена функціонально-структурна схема (s-модель) машини для групового пакування представлена у вигляді «І-АБО» дерева (рис. 1.47). Наведений граф відображає типову структуру функціонально-модульної будови машин для групового пакування, а також показує зв'язки між модулями.

Типові функціонально-структурні схеми машини для групового пакування із пакувальних одиниць: у формі паралелепіпеда в тару за схемою 2D ($z=0$) переміщень структурних елементів групової упаковки наведено на рис. 1.48; циліндричної форми в лоток та полімерну плівку за схемою 3D ($z=1$) переміщень структурних елементів групової упаковки наведено на рис. 1.49.

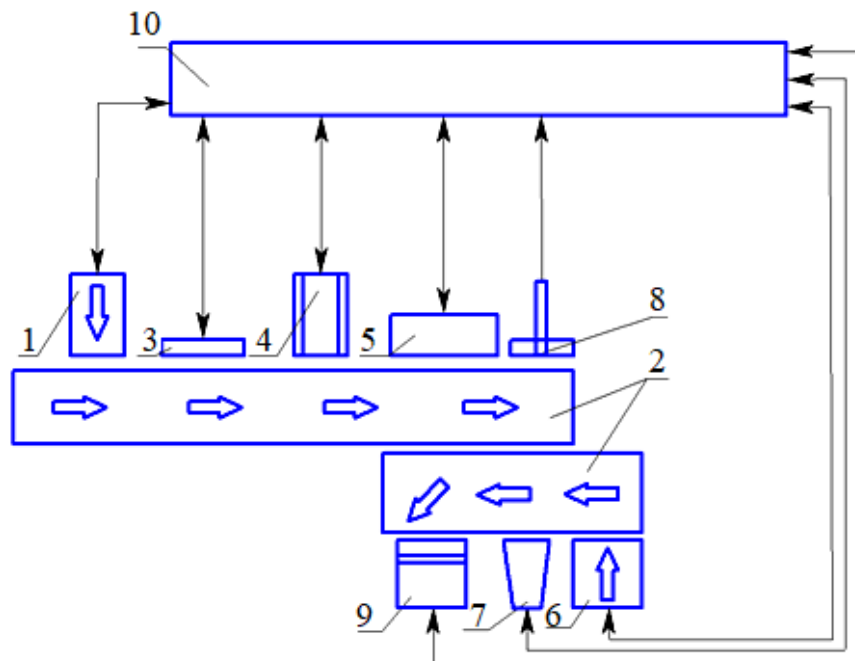


Рис.1.48. Типова функціонально-структурна схема машини для групового пакування із пакувальних одиниць у формі паралелепіпеда в тару за схемою 2D ($z=0$) переміщень структурних елементів групової упаковки: 1 – механізм подачі споживчої упаковки; 2 – транспортна система; 3 – механізм орієнтування; 4 – механізм формування ряду; 5 – механізм формування шару; 6 – механізм виділення одиничної плоскоскладеної заготовки; 7 – механізм орієнтування тари; 8 – механізм зіштовхування; 9 – механізм формування тари; 10 – блок керування

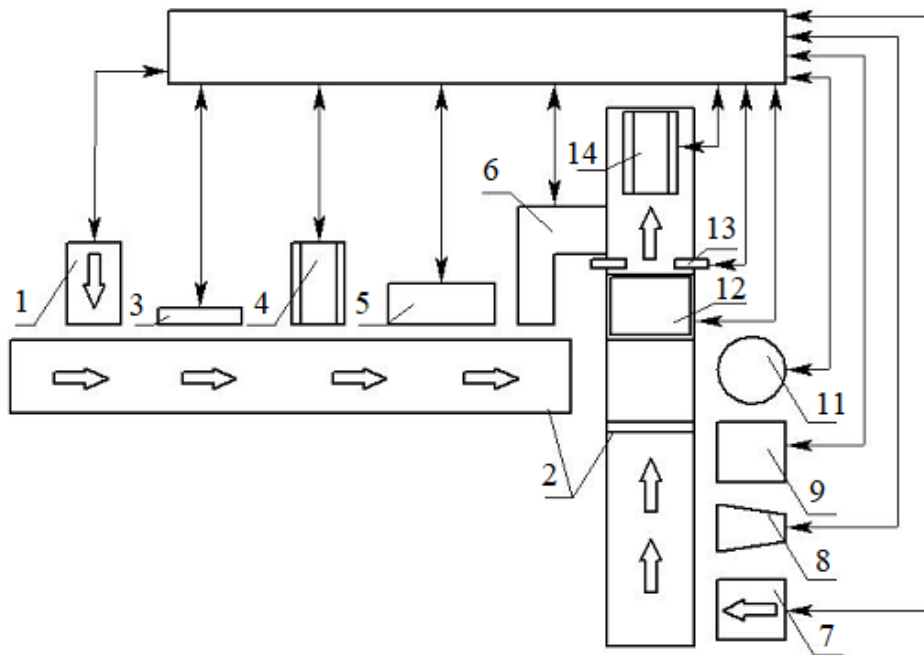


Рис.1.49. Типова функціонально-структурна схема машини для групового пакування із пакувальних одиниць циліндричної форми в лоток та полімерну плівку за схемою 3D ($z=1$) переміщень структурних елементів групової упаковки: 1 – механізм подачі споживчої упаковки; 2 – транспортна система; 3 – механізм орієнтування; 4 – механізм формування ряду; 5 – механізм формування шару; 6 – механізм укладання; 7 – механізм виділення одиничної плоскоскладеної заготовки; 8 – механізм орієнтування; 9 – механізм формування тари; 10 – блок керування; 11 – механізм подачі полімерної плівки; 12 – механізм обгортання; 13 – механізм відрізання; 14 – термоусаджувальна камера

1.4. Структурні схеми пакетоформуючого і пакеторозформуючого обладнання

1.4.1. Загальні відомості та класифікація

В епоху впливу глобалізаційних процесів на перевезення товарів та продуктів у різні куточки земної кулі стає актуальною проблема збереження продукції, розробка та вибір економічно вигідних засобів для такого транспортування [1]. Із цього погляду впровадження технологій пакування продукції є високоефективним у всіх галузях економіки будь-якої країни.

Останнім часом технології формування та розформування транспортних пакетів, скріплення вантажів із них різноманітними допоміжними пакувальними засобами, використання при цьому робототехніки, автоматизованих систем керування процесами за допомогою ЕОМ вийшли на новий рівень досягнень. Обладнання для реалізації цих технологій має безліч модифікацій, типів і видів [2].

Формування транспортних пакетів у загальному вигляді складається з трьох основних технологічних процесів: підготовка вантажних одиниць до пакування, вкладання їх за певною схемою в пакет та скріплення пакета. Ці процеси повинні забезпечувати отримання достатньо міцних і стійких пакетів, здатних сприймати без ознак руйнування структури повздовжні, поперечні, вертикальні, статичні та динамічні навантаження, що діють під час їх перевезень та виконання навантажувально-розвантажувальних транспортно-складських (НРТС) – робіт.

Формування та скріплення транспортних пакетів при значних обсягах пакетних перевезень забезпечується тільки за умови включення відповідних машин у загальну лінію пакування продукції.

Типовий технологічний процес пакування тарних вантажів можна навести у вигляді такої схеми (рис. 1.50).

Загальна технологія формування транспортних пакетів включає два варіанти: формування пакета на піддоні (або на підкладному листі) і формування пакета без піддону [2].

Транспортний пакет тарних вантажів утворюють у декілька стадій: одиничний вантаж - ряд (стопа) – шар (штабель) – пакет.

Залежно від конкретних умов (виду і властивостей одиничного вантажу, схеми розташування вантажів у пакеті, способу формування пакета) кількість і зміст стадій формування структурних елементів пакета може змінюватись.

Сьогодні в Україні є чинними, розроблені свого часу і погоджені з ISO, стандарти на окремі пакетовані товари за галузями промисловості.



Рис. 1.50. Схема типового технологічного процесу формування транспортного пакета

Вони розповсюджуються на пакети, сформованих на піддонах таких типів П4, 2П4, 2ПО4 з розмірами в плані 800×1200 і 1000×1200 мм [3]. Цими стандартами передбачено формування пакета двох типів – А та Б.

Пакети типу А формують із тарних вантажів та групових упаковок, скріплених полімерними плівками, папером, стрічками.

Пакети типу Б формують із пакувальних одиниць у жорсткій споживчій тарі, або із порожньої металевої та скляної тари. Ці пакети бувають двох видів: із прокладками - лотками і плоскими прокладками одноразового використання з гофрованого картону [4].

Розміщення тарних вантажів на піддонах може бути поздовжнім, поперечним або поперечно-поздовжнім за умови максимального використання площі настилу. Здебільшого тарні вантажі в пакеті повинні вкладатися з перев'язкою стиків. Це робиться з метою підвищення стійкості

пакета, але для спрощення конструкції пакетоформуючих машин стійкість пакета частково може забезпечуватись спеціальними конструктивними елементами на тарі, нанесенням адгезиву між шарами вантажу та комбінованими засобами скріплення.

А тому створені вітчизняні і закордонні ПФМ характеризуються різноманітністю технологічних, кінематичних схем і конструкційних рішень. При достатньо глибокому вивченні і аналізі різних структур і конструкцій таких машин у них можна знайти багато спільного, що дає можливість згрупувати ці машини за рядом класифікаційних ознак (табл. 1.6) [5].

Таблиця 1.6.

Класифікація пакетоформуючих машин

Класифікаційні ознаки	Пакетоформуючі машини
1	2
За мобільністю	стаціонарні
	пересувні: самохідні або несамохідні
За ступенем автоматизації	автоматичні
	напіваавтоматичні
	з ручною системою керування
За видом вантажів, що пакетуються	для вантажів у жорсткій або напівжорсткій тарі
	для вантажів у м'якій тарі
	для групових упаковок
	для штучних вантажів
	для різних видів і типів тарних вантажів
	для споживчої тари і пакувальних одиниць
За ступенем універсализації	спеціальні
	універсальні
За способом формування транспортного пакета	горизонтальний
	вертикальний
	комбінований
За способом формування шару вантажів	поштучний
	порядний
За схемою розташування вантажів у шарах	без перев'язування стиків
	з перев'язуванням стиків
За наявністю несучих засобів пакетування	з формуванням пакета на піддоні
	з формуванням пакета без піддона
За розташуванням механізму подачі вантажів	із верхнім розташуванням
	із нижнім розташуванням

Продовження таблиці 1.6

За числом потоків вантажів, що подаються	з одним потоком вантажів
	з декількома потоками вантажів
За способами укладання шарів вантажів у пакет	з укладанням на рухомий по вертикалі піддон
	із укладанням на нерухомий піддон
	з формуванням пакета за схемою накопичення шарів «знизу-вверх»
За видом основних робочих органів у механізмах формування і укладання шарів вантажів	із зіштовхувачими робочими органами
	із рухомими стулками
	із робочими органами типу захватів
	із рухомою вилковою платформою
	із гравітаційними площинами
	з комбінованою системою робочих органів
За типом приводів	з електромеханічним
	із пневматичним
	із гідравлічним
	із комбінованою системою приводів
За типом приводів	з електромеханічним
	із пневматичним
	із гідравлічним
	із комбінованою системою приводів
За конструкцією рами	із чотириколонною рамою
	із порталною двоколонною рамою
	з одноколонною рамою
За взаємним розташуванням підведених і відведених вантажних потоків	із взаємним розташуванням підведених і відведених вантажних потоків уздовж загальної осі в одному напрямку
	із взаємним розташуванням підведених і відведених вантажних потоків уздовж паралельних осей
	із взаємним розташуванням підведених і відведених вантажних потоків уздовж загальної осі назустріч один одному
	із взаємним розташуванням підведених і відведених вантажних потоків уздовж паралельних осей назустріч один одному
	із взаємним розташуванням підведених і відведених вантажних потоків уздовж взаємно перпендикулярних осей
За наявністю засобів скріплення пакета	із вмонтованими засобами скріплення пакета
	без вмонтованих засобів скріплення пакета

Кожна з груп ПФМ, зазначених у цій класифікації, може бути поділена в свою чергу на ряд різновидів за певними ознаками (наприклад, за типом транспортуючих механізмів, формувального пристрою, системою автоматичного управління і т.п.).

Тип ПФМ за її принциповою схемою, конструктивними і експлуатаційними особливостями обирають, керуючись головним критерієм-техніко-економічною ефективністю. Поряд із цим ПФМ повинні забезпечувати: безперебійне пакування вантажів у відповідності до продуктивності дозувально-фасувального та іншого обладнання і внутрішньозаводських транспортних систем; автоматичне вкладання вантажів у щільні пакети із заданими розмірами без ушкоджень упаковки і продукту; автоматичну подачу порожніх піддонів у зону пакування; скріплення пакетів для забезпечення їх стійкості в процесі доставки відвантажувальника до споживача; накопичення сформованих пакетів на конвеєрі видачі для забезпечення безперебійної і злагодженої роботи навантажувально-розвантажувальних засобів.

Крім цього, під час розроблення конструкцій ПФМ слід враховувати критерії роботи здатності: високу надійність і довговічність, низьку енерго – і металоємність, достатню компактність, швидку переналагоджуваність, можливість застосування уніфікованих складальних одиниць для машин різних типів і класів. Разом із цим ПФМ повинна характеризуватись легким доступом до її основних робочих органів, зручністю технічного обслуговування і ремонту, мінімальним штатом персоналу обслуговування, безпечністю роботи та ін. [6].

ПФМ із порівняно простими конструкціями виконавчих і робочих органів та більшості інших складальних одиниць для роботи в автоматичному режимі потребують складних схем автоматичного управління через значну кількість команд, що подаються на робочі органи у процесі формування пакета.

Аналіз показує, що при всій різноманітності умов роботи, вимог до

процесу пакування та ін., кінематичних схем ПФМ, їх типів за принципом дії, основні складальні одиниці та функціональні модулі можуть бути універсальними. Уніфікації найкраще піддаються класи ПФМ за галузями промисловості, а також на основі уніфікації тари для тарних вантажів, типорозмірів транспортних одиниць і т.ін.

Наведену класифікацію ПФМ при аналізі проблеми створення конструкції нових поколінь доречно доповнити класифікацією вантажів як об'єктів пакування.

У системі класифікації ПФМ важливе місце займає спосіб формування транспортного пакета.

Так, горизонтальний спосіб полягає в послідовному вкладанні ряду вантажів із конвеєра подачі на приймальну площину модуля формування шару за заданою схемою. Сформований шар укладається на піддон. Піддон із шаром вантажів механізмом вертикального переміщення може опускатися на висоту шару, а на приймальній площині формується наступний шар. За цим способом приймальна площина може також здійснювати і вертикальне переміщення до нерухомо встановленого піддона.

При вертикальному способі формування вантажі, що подаються конвеєром, формуються в стопу або штабель, які згодом переміщуються на піддон. Продуктивність таких ПФМ дещо менша, ніж у машин із горизонтальним способом формування, зате менші і динамічні навантаження, що особливо важливо для продукції, яка легко руйнується.

Комбінований спосіб формування пакетів характерний для вантажів форми паралелепіпеда, що легко кантуються. Сутність способу полягає у формуванні певної кількості рядів вантажу на несучому полотні, які згодом кантувальним пристроєм ставляться у вертикальне положення, утворюються штабелі, що далі переміщуються на піддон. Такі ПФМ не є універсальними в розумінні формування пакетів із вантажів різних типорозмірів. Їх застосування є ефективним тільки при роботі з великими масивами

однотипних тарних вантажів.

Вибір способу формування транспортного пакета суттєво впливає на структуру і компоновку машини [7] .

Розподіл ПФМ на стаціонарні і пересувні пов'язаний з місцем їх застосування. Стаціонарні ПФМ, всі механізми які монтуються на нерухомій станині, встановлюються в кінці пакувальної лінії. Пересувні ПФМ працюють як штабелескладальники на складах. До останніх відносять роботи та маніпулятори. Їх використання є особливо ефективним на підприємствах, де пакети формуються з вантажів різних типорозмірів та маси.

Робота сучасних роботів, що управляються за допомогою ЕОМ, характерна плавними змінами швидкостей у процесі формування пакета, що значно знижує динамічні навантаження на вантажі [8]. Програмні пристрої, якими оснащені такі роботи, забезпечують відповідне переналагодження протягом короткого часу. Такі системи здатні пізнавати форму вантажу і автоматично переналагоджуватись на потрібну продуктивність, структуру пакета і т.ін. [9].

Пакети можна формувати за допомогою ПФМ як на піддонах, так і без них залежно від технології виконання подальших логістичних операцій, виду монтажу і т.ін.

Вибір раціональної конструкції рами ПФМ залежить від багатьох чинників, у тому числі: вид робочих органів; продуктивність; схема вантажопотоків; безпечність продукції при дії динамічних навантажень; вид та тип тарних вантажів та інш.

Існуючі зразки приводів дають можливість застосовувати їх у різній комбінації. Поряд із цим для спрощення системи управління та обслуговування прямують до однотипності приводів для різних функціональних модулів машин.

Кінцевою операцією формування транспортного пакета є його скріплення. Необхідність скріплення пакета пов'язана із тим що, під час транспортування

і виконання НРТС-робіт на них діють руйнівні динамічні сили.

Спосіб і засоби скріплення пакетів вантажів визначаються багатьма факторами, в тому числі фізико-механічними властивостями продукції і упаковки, структурою розташування вантажів у пакеті, логістичними операціями із пакетом та інше.

На рис. 1.51 наведена класифікація засобів скріплення транспортних пакетів [2].

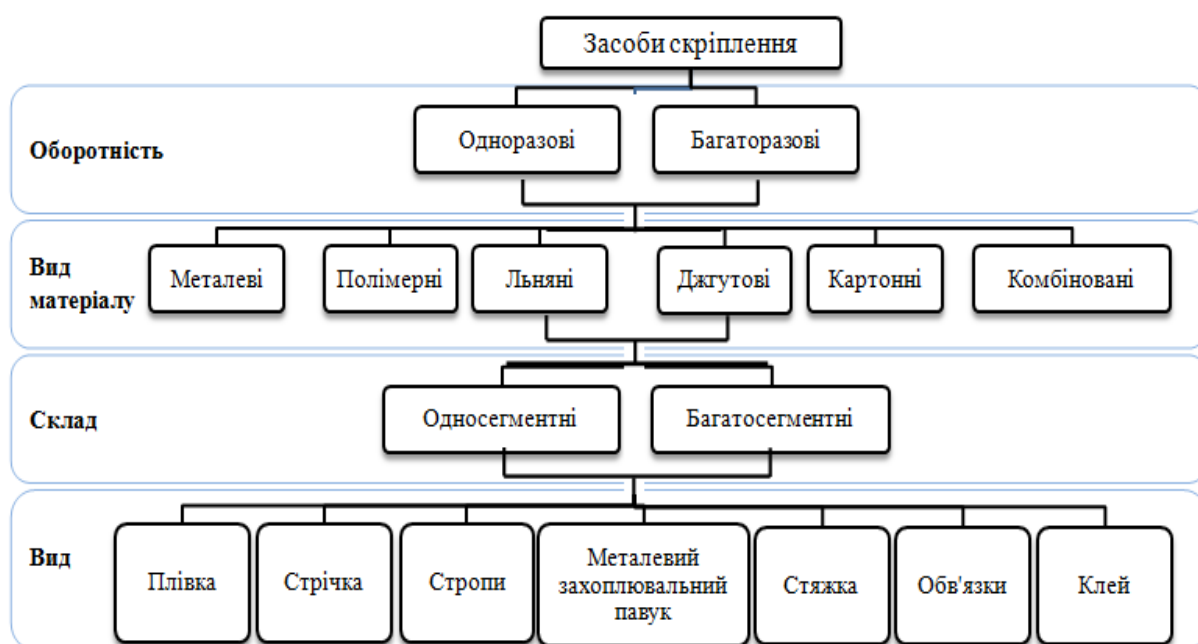


Рис. 1.51. Класифікація засобів скріплення транспортних пакетів

Найбільш розвиненим і досконалим із точки зору прогресивних технологій є спосіб скріплення транспортних пакетів за допомогою термоусаджувальних та розтягувальних полімерних плівок. Обладнання для реалізації цих технологій найкраще піддається механізації та автоматизації, є гнучкими до переналагодження на різні формати транспортних пакетів. Комплекси такого обладнання синхронно працюють із найпродуктивнішими лініями пакування готової продукції [4].

Обладнання для скріплення транспортних пакетів є дуже різноманітним, а тому створювати одну загальну, універсальну і в той самий час зручну для користування класифікацію практично не можливо. Доцільніше

класифікувати таке обладнання за окремими видами способів скріплення.

Широке впровадження пакетоформуючої техніки, засобів пакетування обумовлює відповідний розвиток, адекватне застосування технологій і засобів машинного розформування транспортних пакетів.

Процеси вилучення окремих одиниць вантажів із транспортного пакета характеризуються операціями подібними тим, що відбуваються і під час пакетування, тільки послідовність операцій є зворотною. Розформування пакета починається зі звільнення його від засобів скріплення, а потім поштучно або групою вантажі вилучаються із пакета.

У зв'язку з цим нерідко конструюються універсальні машини, що є одночасно пакетоформуючими і пакеторозформуючими. Створюються такі машини для певних видів вантажів. У зв'язку із цим створювати спеціальну класифікацію пакеторозформуючих машин немає сенсу, оскільки вона складається із таких класифікаційних ознак, що і класифікація ПФМ. Таким чином спираючись на аналіз класифікації ПФМ, можна зробити висновки, що структура, кінематична схема пакеторозформуючих машин для тарних вантажів включає такі ж модулі і механізми, що і ПФМ [7, 10].

1.4.2. Характерні структурні схеми обладнання для формування транспортних пакетів із тарних вантажів

Технологічний процес формування транспортного пакета характеризується багатовимірністю як за кількістю складових елементів, так і за кількістю функцій, що вони виконують, високим ступенем взаємозв'язку та параметричного взаємовпливу. Це зумовлює певні труднощі дослідного та розрахункового характеру під час розв'язування задач аналізу та синтезу структури пакетоформуючих машин. Вказані труднощі зазвичай вирішують застосувавши топологічний метод аналізу технологічних систем [7].

Застосування таких топологічних моделей дасть можливість значний обсяг інформації про технологічний процес формування транспортного

пакета навести в компактній та наглядній формі.

Схема формування враховує напрямки переміщення тарних вантажів або інших елементів пакета робочими органами, а також кількість вантажів що переміщуються за одну операцію. При цьому кожен структуру пакета можна реалізувати різними способами формування (горизонтальним, вертикальним та комбінованим).

Так, горизонтальний спосіб передбачає подачу штучного вантажу в задану позицію, переміщення та орієнтування паралельно напрямку подачі, внаслідок чого здійснюється набір ряду довжиною здебільшого рівною ширині пакету. Далі проводиться переміщення ряду на поверхню накопичення шару перпендикулярно руху накопичення ряду. Після завершення формування шару, останній переміщується на піддон або раніше вкладений шар вантажів, що переміщуються вниз на висоту шару. Після укладання заданої кількості шарів пакет переміщується перпендикулярно напрямку зсуву шару, а порожній піддон переміщається до положення формування пакета і далі піднімається вгору на висоту штабеля вантажів у пакеті. Наступний нижній піддон виділяється зі стопи піддонів опусканням його на крок.

Вертикальний спосіб формування пакета відрізняється від горизонтального тим, що накопичення ряду виконується в напрямі подачі тарного вантажу. При цьому довжина ряду рівна довжині пакета. Набір шару здійснюється переміщенням ряду перпендикулярно подачі вантажу. Далі послідовно відбувається переміщення шару вантажів у напрямку зсуву ряду і опускання шару на піддон, що розташований нижче за рівень шару на висоту штабеля вантажів у пакеті.

Наступний варіант здійснюється за комбінованим способом формування пакета, який відмінний тим, що після формування ряду він опускається на його висоту. Таким чином, здійснюється формування штабеля вантажів із рядів.

Далі почергово штабелі переорієнтовують у шар вантажів та переміщують на піддон, де і здійснюється формування транспортного пакета.

У кожному з варіантів виконується різна кількість операцій, а тому перевагу в такому випадку потрібно надавати тому варіанту, за яким виконується найменша кількість операцій [6]. Крім показника кількості операцій можна скористатися критерієм довжини шляхів, пройдених кожним вантажем від першої операції до укладання в пакет.

Шлях, пройдений вантажем, визначається схемою формування пакета, габаритними розмірами вантажу, піддона і пакета, а також необхідними технологічними зазорами. Використовуючи метод операційного аналізу [6, 11] визначається кількість ударних навантажень, що сприймаються вантажем у процесі пакетування.

Встановлено, що перші вантажі пакета сприймають найбільшу кількість ударних навантажень. Отже, на цьому етапі аналізу схем формування можна вибрати для подальшого розгляду лише частину схем із усієї множини варіантів. Для розгляду всі можливих схем технологічних процесів формування пакета із тарних вантажів найзручніше користуватися графом технологічного процесу (рис. 1.52).

Технологічний процес пакетування тарних вантажів включає такі характерні операції (за рівнями графа):

- 1.1. Подача одиничних тарних вантажів на подавальний конвеєр пакетоформуючої машини;
- 2.1. Переміщення вантажів подавальним конвеєром;
- 3.1. Профілювання м'якої транспортної тари (паперових, лляних та полімерних мішків із сипкою продукцією);
- 4.1. Орієнтування тарних вантажів;
5. Формування ряду або стопи вантажів;
 - 5.1. Формування ряду вантажів;
 - 5.2. Формування стопи вантажів;

- 6. Формування шару або штабеля вантажів;
 - 6.1. Формування шару з одиничних вантажів;
 - 6.2. Формування шару з рядів вантажів;
 - 6.3. Формування штабелю з рядів вантажів;
 - 6.4. Формування штабелю із стоп вантажів;
- 7. Переорієнтування шару або штабелю;
 - 7.1. Переорієнтування шару вантажів у штабель;
 - 7.2. Переорієнтування штабелю вантажів у шар;
- 8.1. Виділення одиничного піддона із стопи піддонів (виконується перед укладанням першого в пакеті шару або штабелю вантажів);
 - 9.1. Переміщення одиничного піддона до позиції накопичення пакета, або до платформи піднімального механізму.
- 10.1. Встановлення або нанесення допоміжних засобів пакетування (укладання прокладок, нанесення клею між шарами вантажів та інше).
- 11. Формування пакета вантажів;
 - 11.1. Укладання вантажів на нерухомий піддон або раніше укладений шар;
 - 11.2. Укладання вантажів на нерухомий піддон або раніше укладений шар;
 - 11.3. Укладання штабелів вантажів у пакет;
- 12.1. Скріплення транспортного пакета (стропами);
- 13.1. Переміщення сформованого пакета із машини.

Наведений граф охоплює всі можливі способи формування транспортних пакетів із найрізноманітніших одиничних вантажів. Доречно зазначити, що для тарних вантажів більш технологічними є горизонтальний спосіб формування пакета. Тому серед великої кількості варіантів технологічного процесу формування транспортних пакетів із тарних вантажів можна виділити дві основні, найбільш застосовані групи процесів, принципова відмінність між якими полягає у способі укладення вантажів у пакет. У варіантах процесу, що здійснюється через позицію 11.1, переміщується сам пакет, а у тих, що проходять через позицію 11.2 – лише шар вантажів, що укладається.

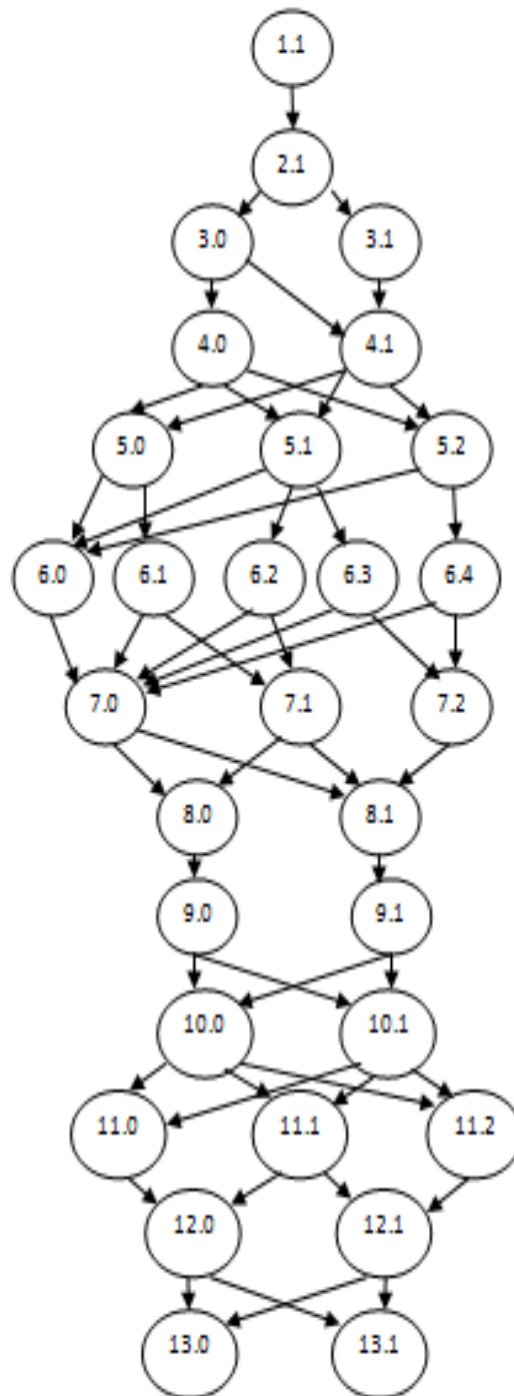


Рис. 1.52. Структурно-технологічний граф процесу формування транспортного пакета із тарних вантажів.

Проаналізувавши структурний граф технологічного процесу формування транспортних пакетів із тарних вантажів, найбільш близькою до універсальної для більшості тарних вантажів та оптимальною за функціональними показниками та вартістю схемою виконання процесу можна прийняти таку послідовність операцій:

1). 1.1-2.1-3.0-4.1-5.1-6.1(6.2)-7.0-8.1-9.1-10.0-11.1-12.0-13.1.

Ця послідовність відповідає технологічного процесу, у якому виконуються такі операції: перенавантаження вантажу на подавальний конвеєр ПФМ; переміщення вантажу подавальним конвеєром; орієнтування вантажу; формування ряду вантажів; формування шару вантажів; виділення одиничного піддона із магазину піддонів та транспортування його до зони накопичення пакета; укладання шару вантажів на підіймально-опускную платформу; переміщення сформованого пакета із машини;

2). 1.1-2.1-3.0-4.1-5.1-6.1(6.2)-7.0-8.1-9.1-10.0-11.2-12.0-13.1.

Відмінністю цього процесу є наявність операції 11.2-укладання шару вантажів на нерухомий піддон або попередньо укладений шар.

На основі проведеного синтезу варіантів технологічних процесів можна в разі потреби виключенням або заміною деяких операцій створити бажаний тип технологічного процесу. Так операція 3.1. виконується лише під час пакетування мішків із сипкою продукцією. В інших випадках процес проходить через позицію «3.0». Наступний відрізок ланцюга «4.1-5.1-6.2» відповідає випадку, коли із вантажів формують спочатку ряд, а потім із рядів-шар. Якщо в процесі формування ряду орієнтування вантажів непотрібне, відрізок має вигляд «4.0-5.1-6.2». У випадку коли шар формується одразу з орієнтованих одиничних вантажів, процес проходить через позиції «4.1-5.0-6.1». Що стосується операції «8.1» і «9.1» то у більшості випадків вони суміщені, оскільки виділення одиничного піддона із магазину піддонів звичайно виконується відведенням піддона із стопи і переміщенням його до зони формування пакета. Під час безпіддонного пакетування процес проходить через позиції «8.0» та «9.0» Знову ж таки, якщо немає потреби у допоміжних засобах пакетування, виконується позиція «10.1» та інше.

Реалізація технологічного процесу пакетування роботом маніпулятором відображається такою послідовністю:

1.1-2.1-3.0-4.1-5.0(5.1)-6.0(6.1, 6.2)-7.0-8.1-9.1-10.0-11.2-12.0-13.1.

Структура цього процесу відрізняється від процесів 1 та 2 тим, що пакет формується роботом із одиничних вантажів (відсутні операції 5,6 та 7). Такий процес має значні недоліки-обмеження за продуктивністю як наслідок кінематичних обмежень на рух робочих органів, суттєво більше значення кінематичного і технологічного циклу процесу та підвищені вимоги до відхилень геометричних параметрів транспортної тари.

З аналізу конструкції ПФМ, що реалізують горизонтальний спосіб формування пакета, встановлено, що залежно від конструкції підіймально-опускного механізму машини можна поділити на три групи: з рамною чотириколонною, порталною-двоколонною та одноколонною компоновкою.

Найбільшого поширення завдяки своїй мобільності знайшла рамна чотириколонна компоновка ПФМ. Така компоновка передбачає прямолінійне та Г подібне розташування основних функціональних модулів. Важливою характеристикою компоновки машини є напрямки входних та вихідних матеріальних потоків. Вони можуть бути: прямокутні, протилежно направлені та взаємно перпендикулярні.

Компонуванням ПФМ із функціональних модулів на основі рамної чотириколонної конструкції можна реалізувати вимоги з усіх напрямків вантажопотоків.

Модуль як агрегатний вузол ПФМ – самостійний пристрій, що виконує одну або кілька певних операцій технологічного процесу пакетування, повністю зібраний, перевірений функціонально та готовий до монтажу. Модулі можна легко з'єднувати, створюючи складні схеми ПФМ, роз'єднувати та змінювати з метою отримання машин різної конфігурації та з різними характеристиками.

Під час синтезу структурних та конструктивних схем ПФМ, поряд із продуктивністю та якістю формування пакета, одним із важливих критеріїв є мінімальна вартість як самого обладнання, так і його експлуатації. Вартість обладнання пропорційна його металоємності та енергозабезпеченості. Однією

з головних складових експлуатаційних витрат є споживання обладнанням енергії, його надійність та гнучкість до переналагодження.

Тобто завдання структурного синтезу полягає в знаходженні такої множини функціональних модулів, щоб усі технологічні операції та їх елементи виконувались у заданій послідовності, причому надійність машини повинна бути максимально високою, а вартість не перевищувала гранично допустимого значення. Під час проектування машини потрібно врахувати, що всі модулі є взаємопоеднувані, оскільки одну і ту ж функцію повинен у складі машини виконувати лише один модуль [12,13]. Граф логічних зв'язків між прийнятими до розгляду функціональними модулями наведено на рис. 1.53.

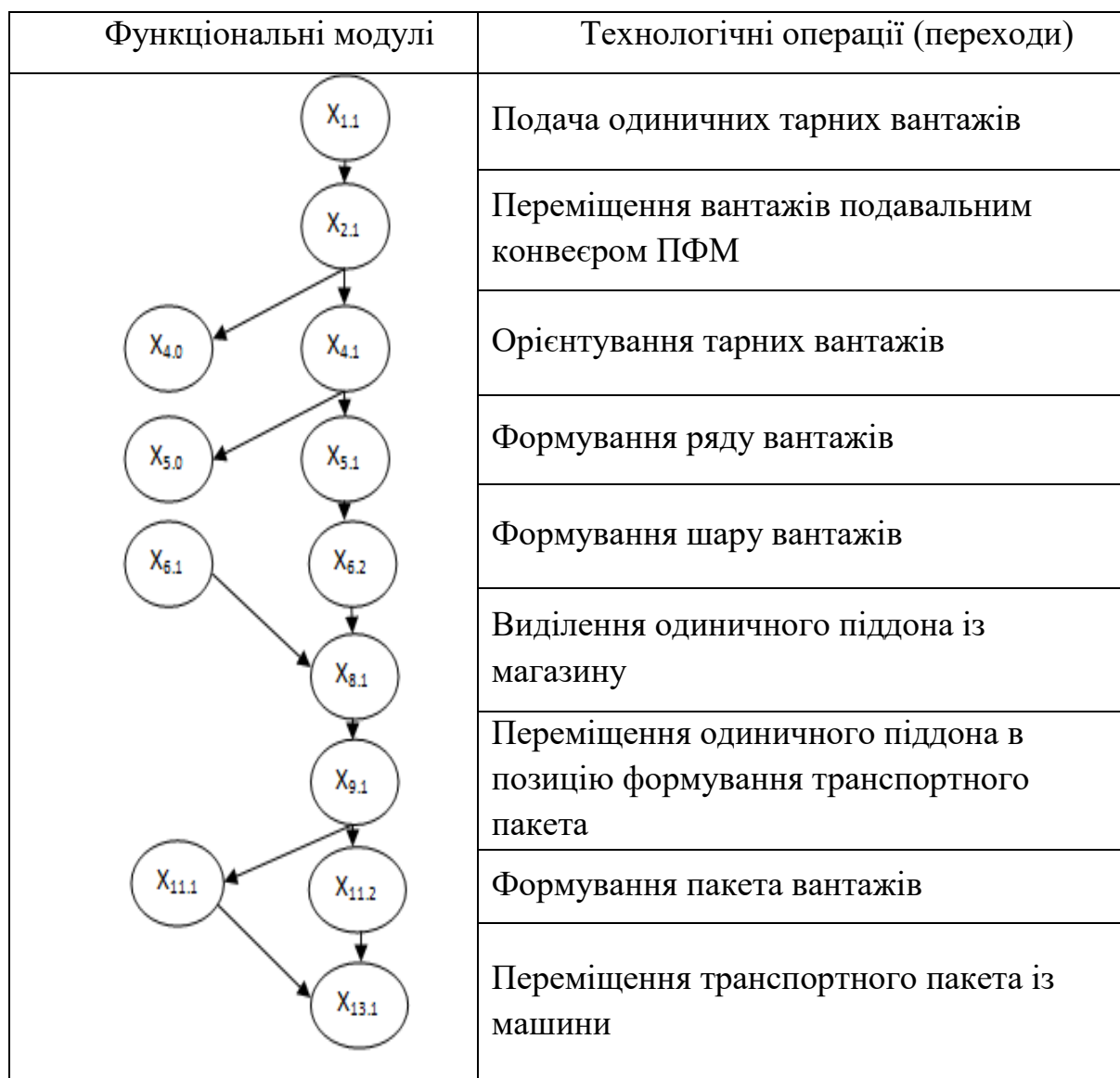


Рис. 1.53. Граф логічних зв'язків між функціональними модулями машин для формування транспортних пакетів із тарних вантажів

Формалізоване представлення графа виражається таким чином:

$$S: m_1(x_{1.1}) \wedge m_2(x_{2.1}) \vee m_3(x_{3.1}) \wedge m_4(x_{4.0} \vee x_{4.1}) \wedge m_5(x_{5.0} \vee x_{5.1}) \wedge \\ \wedge m_6(x_{6.1} \vee x_{6.2}) \vee m_7(x_{7.1} \vee x_{7.2}) \wedge m_8(x_{8.1}) \wedge m_9(x_{9.1}) \vee m_{10}(x_{10.1}) \wedge \\ \wedge m_{11}(x_{11.1} \vee x_{11.2}) \vee m_{12}(x_{12.1}) \wedge m_{13}(x_{13.1}),$$

де S - реалізація службової функції ПФМ (виконання технологічних операцій пакування); m – технологічні операції, виконані відповідними функціональними модулями.

На основі розробленого структурного графа процесів формування транспортних пакетів із тарних вантажів та застосовуючи методи синтезу і аналізу, визначено раціональну послідовність виконання технологічних операцій, функціональні модулі для їх реалізації та встановлено логічні зв'язки між ними (рис. 1.54).

Аналіз конструкції ПФМ дав можливість розробити типові структури машин, що відповідають структурі технологічного процесу та включають у себе функціональні модулі, систему приводів виконавчих механізмів робочих органів та синтезу керування їх роботою (рис. 1.55).

Керування роботою всіх функціональних модулів забезпечується загальною електронною системою, що синхронізує їх роботу відповідно до заданого технологічного процесу пакування.

Для реалізації новітніх вимог до конструкції ПФМ доречно використати алгоритм побудови концептуальної моделі, що базується на засадах SADT. Алгоритм включає побудову функціональної (f – модель) та структурної (S – модель) моделей [12, 14].

Граф декомпозиції службової функції ПФМ наведено на рис. 1.56.

Поглибленим описом концептуальної моделі ПФМ є побудова S – моделей. Структурна схема ПФМ для тарних вантажів наведена у вигляді «І-АБО» дерева (рис. 1.57).

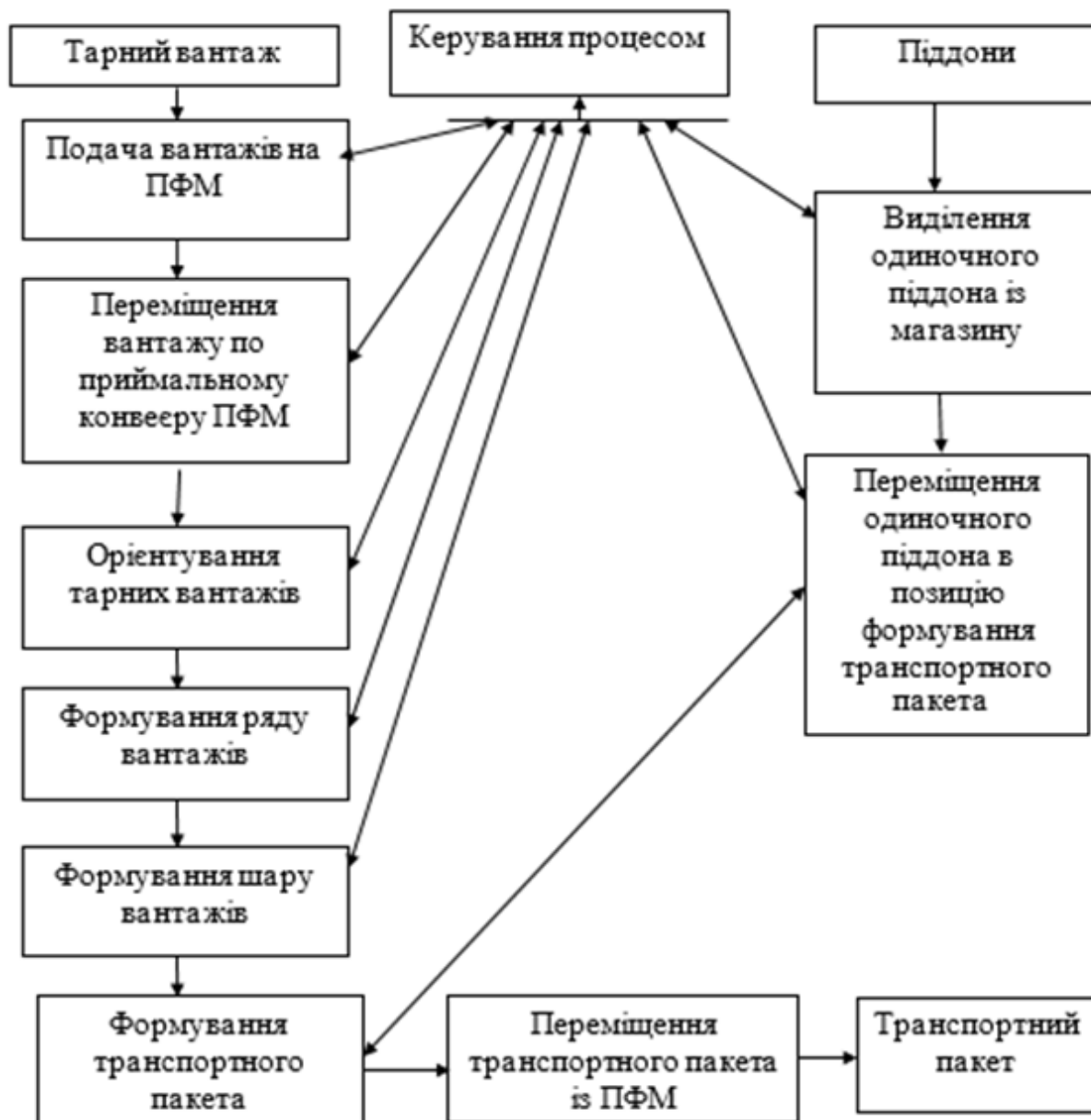


Рис. 1.54. Логічні зв'язки між функціональними модулями в машинах формування транспортних пакетів із тарних вантажів

На основі розроблених f та S модулів створено узагальнені функціонально-модульні структурні схеми ПФМ для різних конструкцій рам, що реалізують горизонтальний спосіб формування транспортних пакетів (рис. 1.58 - 1.60).



Рис. 1.55. Узагальнена структура машини для формування транспортних пакетів із тарних вантажів

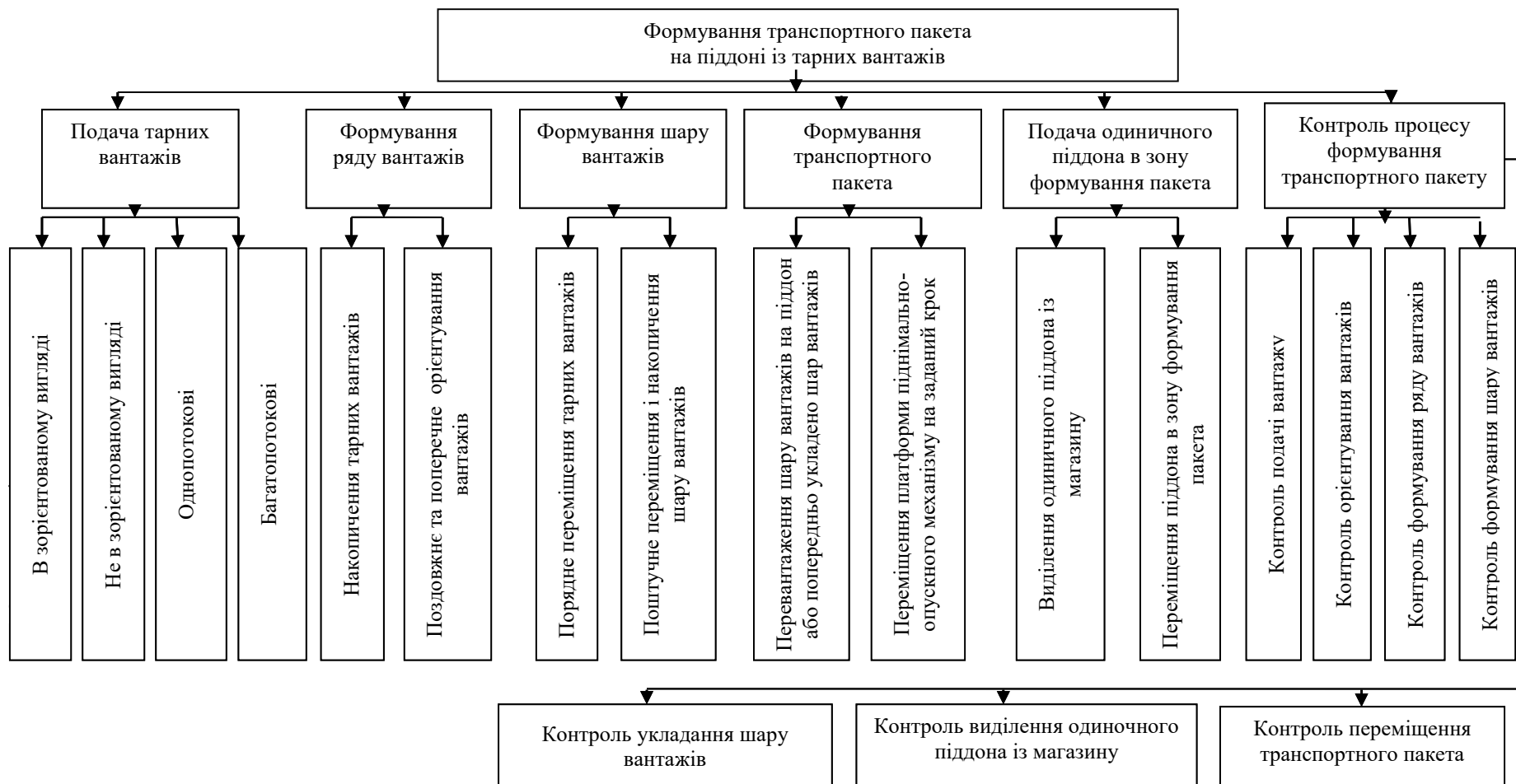


Рис. 1.56. Схема декомпозиції службової функції машини для формування транспортних пакетів із тарних вантажів

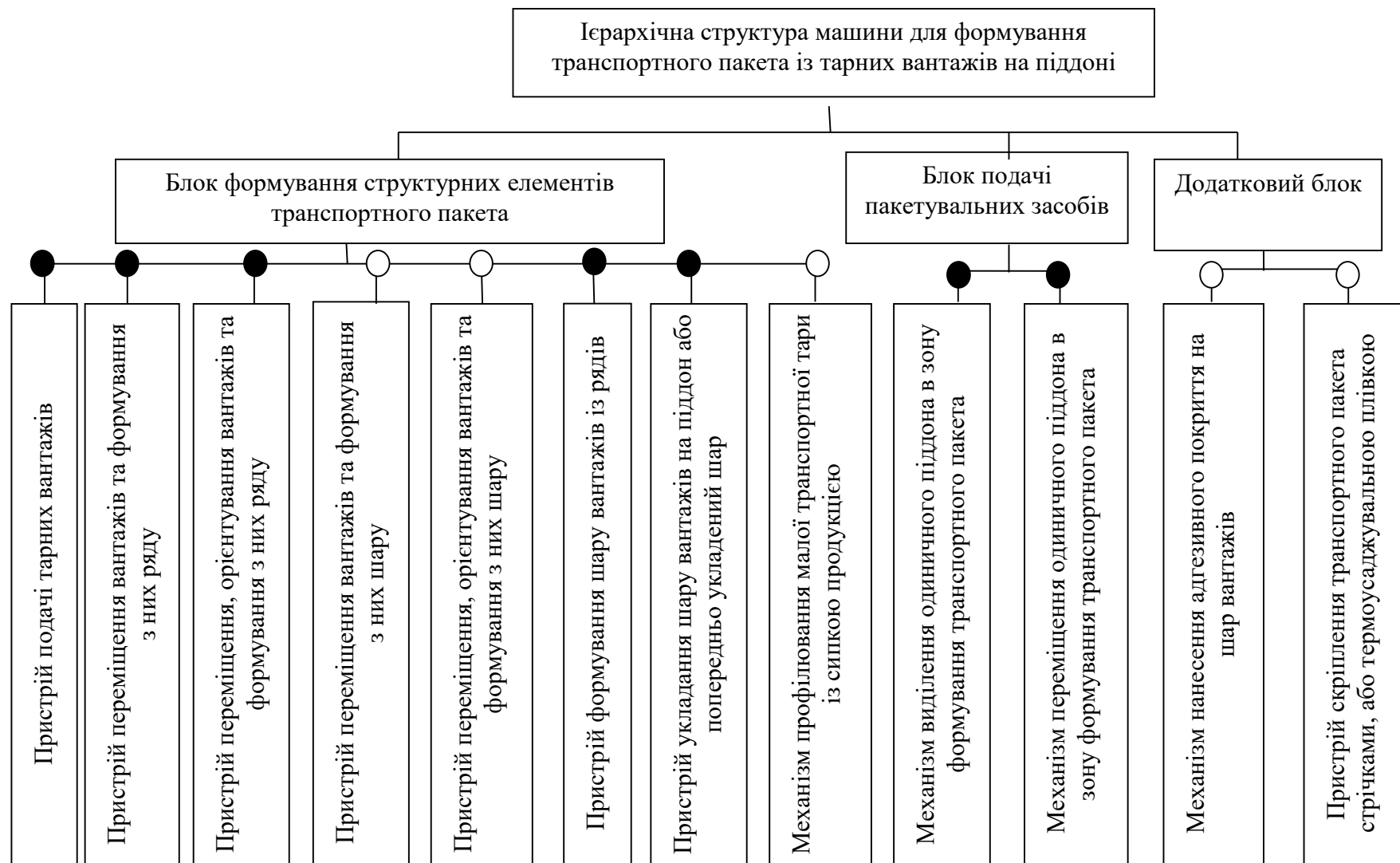


Рис. 1.57. Ієрархічна структура машини для формування транспортних пакетів із тарних вантажів:

● - вершини зв'язані «і»; ○ - вершини зв'язані «або»

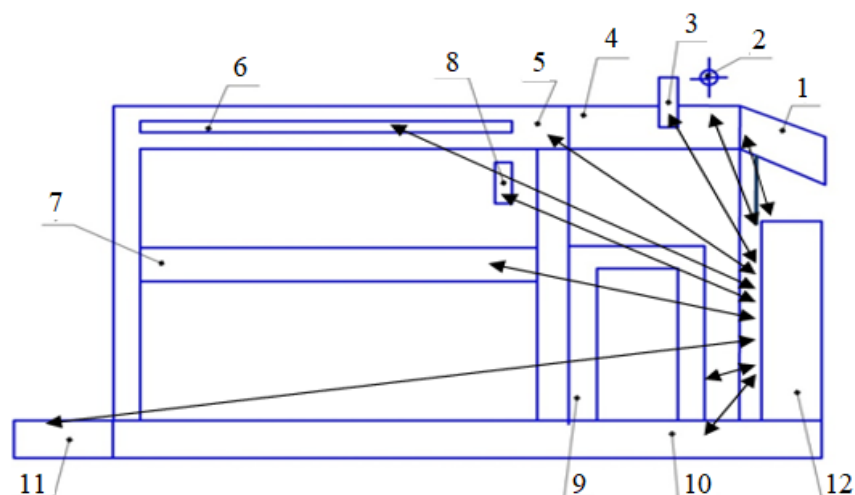


Рис. 1.58. Узагальнена функціонально-структурна схема машини для формування транспортних пакетів із тарних вантажів із чотириколонною рамою: 1-конвеєр подачі тарних вантажів; 2- пристрій профілювання м'якої тари; 3- пристрій орієнтування тарного вантажу; 4- конвеєр формування ряду вантажів; 5-пристрій формування шару вантажів; 6-пристрій зіштовхування ряду вантажів та ущільнення шару вантажів; 7- піднімально-опускний механізм; 8- механізм нанесення на шари вантажів адгезиву; 9- магазин із піддонами; 10- конвеєр подачі одиничного піддона до піднімально-опускного механізму; 11- конвеєр відведення сформованого транспортного пакета із машини; 12-блок керування

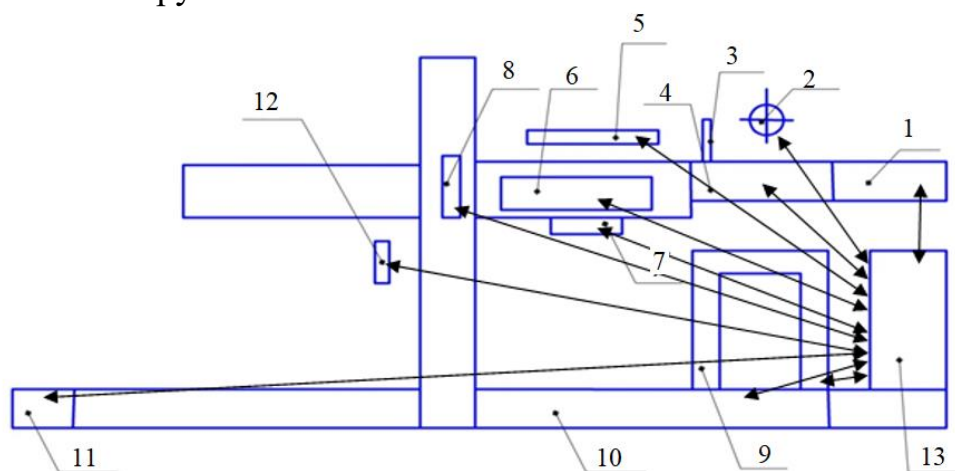


Рис. 1.59. Узагальнена функціонально-структурна схема машини для формування транспортних пакетів із тарних вантажів із двоколонною рамою: 1-конвеєр подачі тарних вантажів; 2- пристрій профілювання м'якої тари; 3- пристрій орієнтування тарного вантажу; 4-конвеєр формування ряду вантажів; 5- пристрій зіштовхування ряду вантажів та ущільнення шару вантажів; 6- пристрій формування шару вантажів; 7- механізм горизонтального переміщення шару вантажів; 8- піднімально-опускний механізм; 9- магазин із піддонами; 10- конвеєр подачі одиничного піддона до піднімально-опускного механізму; 11- конвеєр відведення сформованого транспортного пакета із машини; 12 – механізм нанесення адгезиву на шари вантажів; 13-блок керування

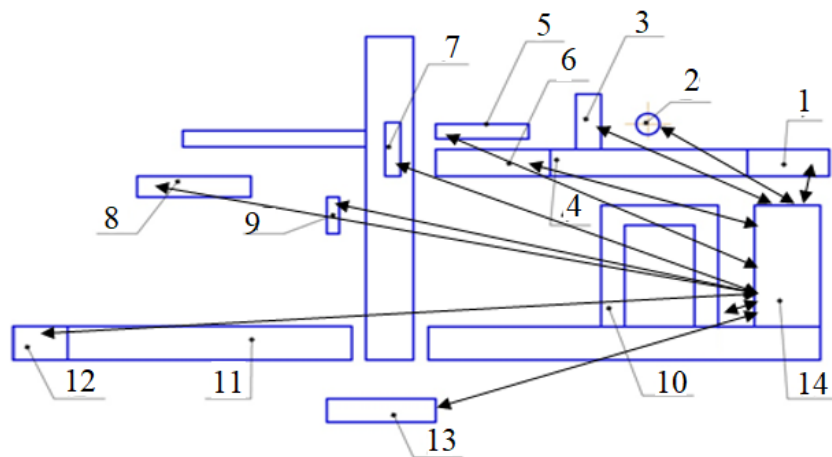


Рис. 1.60. Узагальнена функціонально-структурна схема машини для формування транспортних пакетів із тарних вантажів із одноколонною рамою: 1-конвеєр подачі тарних вантажів; 2- пристрій профілювання м'якої тари; 3- пристрій орієнтування тарного вантажу; 4- конвеєр формування ряду вантажів; 5- пристрій зіштовхування та ущільнення ряду вантажів у шарі; 6 - пристрій формування шару вантажів; 7 - піднімально-опускний механізм; 8 - пристрій захоплення; 9- механізм нанесення адгезиву на шари вантажів; 10 - магазин із піддонами; 11- конвеєр подачі одиничного піддона в зону формування транспортного пакета; 12- конвеєр відведення сформованого транспортного пакета; 13- механізм повороту колони; 14-блок керування.

1.4.3. Характерні структурні схеми машин для формування транспортних пакетів із споживчих упаковок

Безпосередньо із споживчих упаковок формують пакети типу Б з прокладками-лотками або з плоскими прокладками одноразового використання. Машини для формування на піддонах пакетів типу Б є стаціонарними. Вони працюють у комплексі з автоматизованими потоковими лініями формування готової продукції в жорстку споживчу тару, а також із виготовлення такої тари, виконуючи заключні операції перед відправкою виробів споживачеві. Конструкції таких машин подібні до ПФМ для тарних вантажів. Формування транспортних пакетів, в основному, здійснюється горизонтальним способом. Для цього застосовують ПФМ із чотири-, дво- та одноколонною рамою. Зазвичай у ПФМ із чотириколонною рамою транспортний пакет накопичується на рухомій платформі піднімально-опускового механізму. У таких машинах накопичення шарів упаковок

здійснюється за рахунок зсування сформованого шару на платформу, або попередньо укладений шар. ПФМ з одноколонною рамою активно застосовують різні види та типи пристроїв захоплення [15].

Для розгляду всіх можливих схем технологічних процесів формування пакета із споживчих упаковок розроблено технологічний граф (рис.1.61).

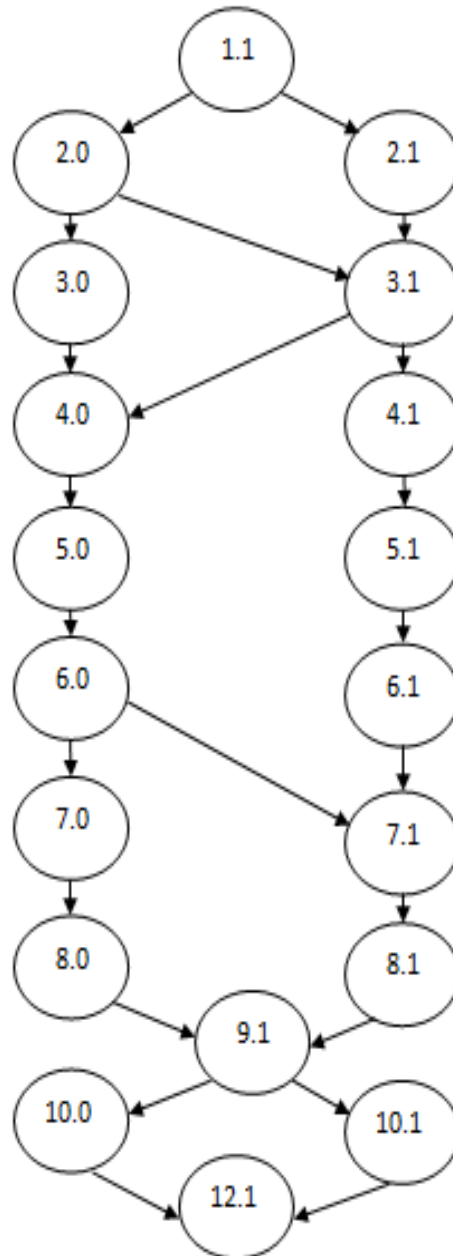


Рис. 1.61. Структурно-технологічний граф формування транспортного пакета із споживчих упаковок

Технологічний процес формування транспортних пакетів із споживчих упаковок включає такі операції (за рівнями графа) [16, 17].

- 1.1. Багаторядна або поштучна подача споживчих упаковок на подавальний конвеєр пакетоформуючої машини;
- 2.1. Переміщення упаковок подавальним конвеєром;
- 3.1. Формування шару упаковок;
- 4.1. Виділення одиничного піддона із стопи піддонів (виконується перед укладанням першого в пакеті шару упаковок);
- 5.1. Переміщення одиничного піддона до позиції накопичення пакета, або до платформи піднімального механізму;
- 6.1. Виділення одиничного лотка або прокладки із стопи пакетувальних засобів;
- 7.1. Переміщення та встановлення одиничного лотка, або прокладки на піддон або попередньо вкладений шар упаковок;
- 8.1. Укладання шару упаковок на лоток або прокладку;
- 9.1. Пошагове формування транспортного пакета;
- 10.1. Скріплення транспортного пакета;
- 11.1. Переміщення сформованого пакета із машини.

Використовуючи розроблені типові структурні графи технологічних процесів формування транспортних пакетів із споживчих упаковок визначено раціональну послідовність виконання технологічних операцій, функціональні модулі для їх реалізації та встановлено логічні зв'язки між ними. Схема логічних зв'язків наведена на рис. 1.62.

На основі аналізу конструкції ПФМ для споживчих упаковок розроблено типові структури машин, які відповідають структурі технологічного процесу формування транспортних пакетів та включають в себе функціональні модулі, систему приводів робочих органів та систему керування їх роботою (рис. 1.63).



Рис. 1.62. Логічні зв'язки між функціональними модулями в машинах формування транспортних пакетів на піддоні із споживчих упаковок

Побудова f – моделі (рис. 1.64) виконана шляхом декомпозиції службової функції. Структурна схема (S – модель) машини для формування транспортних пакетів із споживчих упаковок розроблена у вигляді «І –АБО» дерева (рис. 1.65). На основі розроблених f та S моделей створено узагальнені функціонально-модульні структурні схеми машин (f , S – моделі) для різних конструктивних виконань рам (рис. 1.66-1.68) [18...21].



Рис. 1.63. Узагальнена структура машини для формування транспортних пакетів на піддоні із споживчих упаковок

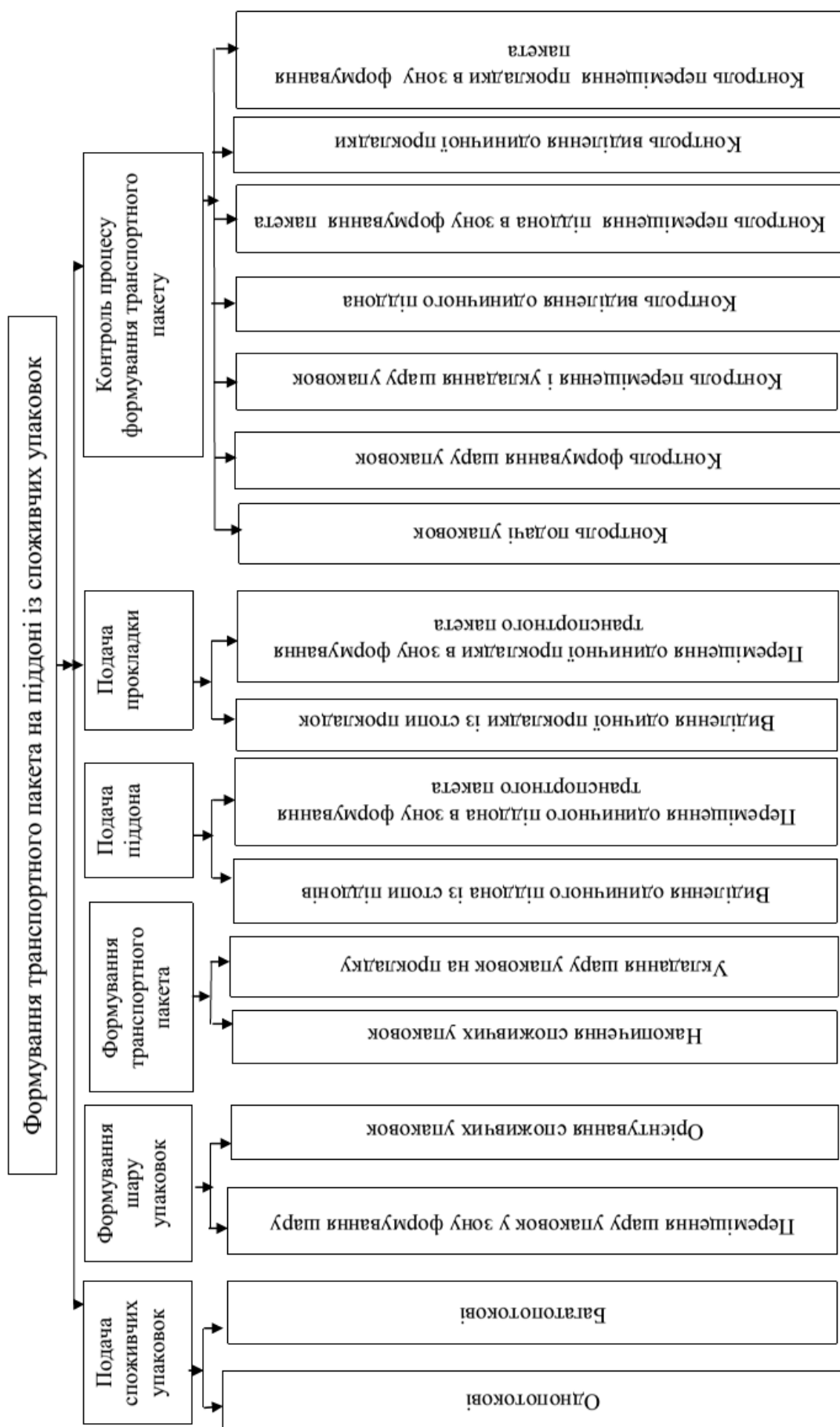


Рис. 1.64. Схема декомпозиції службової функції машини для формування транспортних пакетів на піддоні із споживчих упаковок

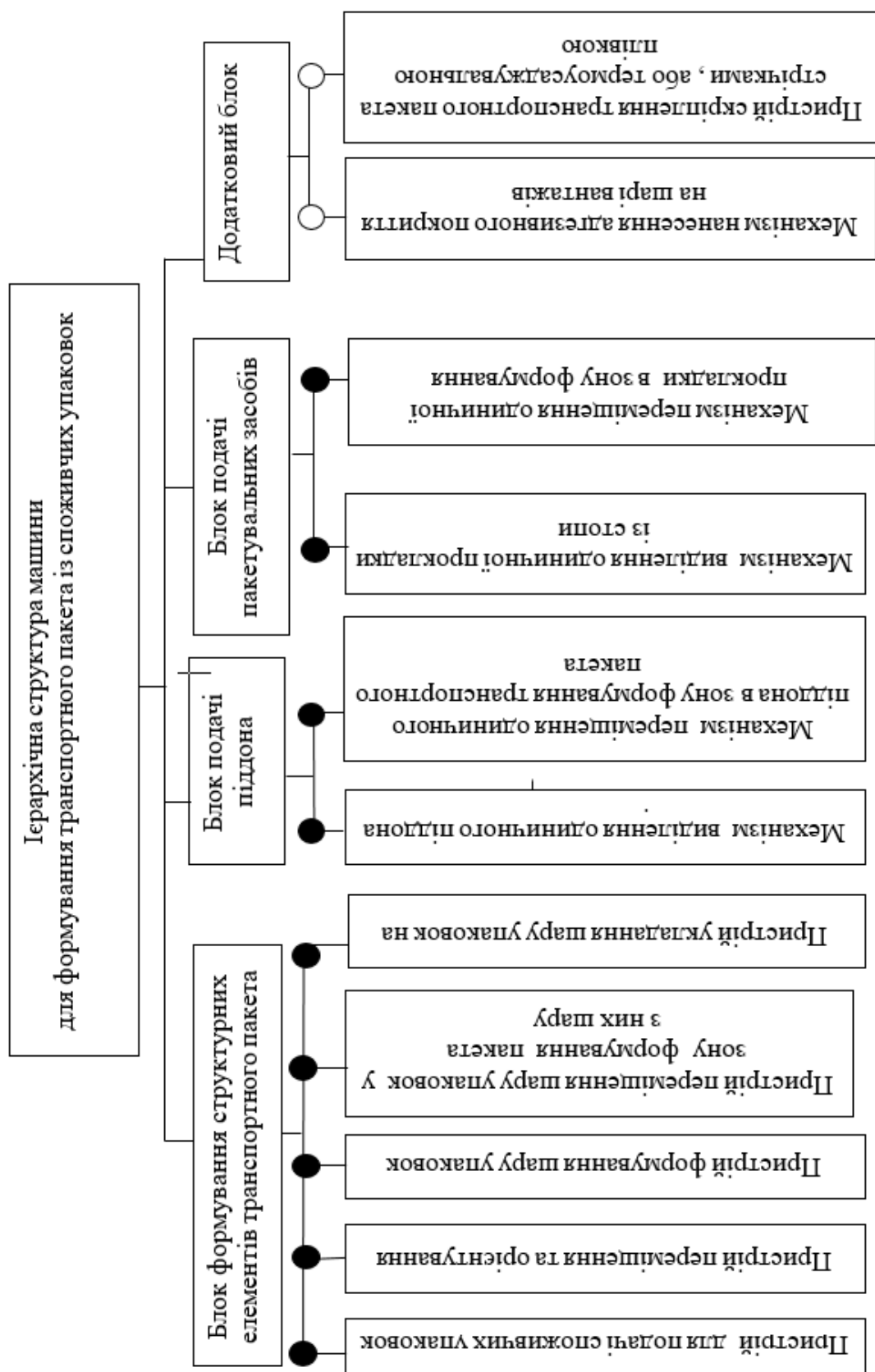


Рис. 1.65. Ієрархічна структура машини для формування транспортних пакетів на піддоні із споживчих упаковок: ● - вершини зв'язані «і»; ○ - вершини зв'язані «або»

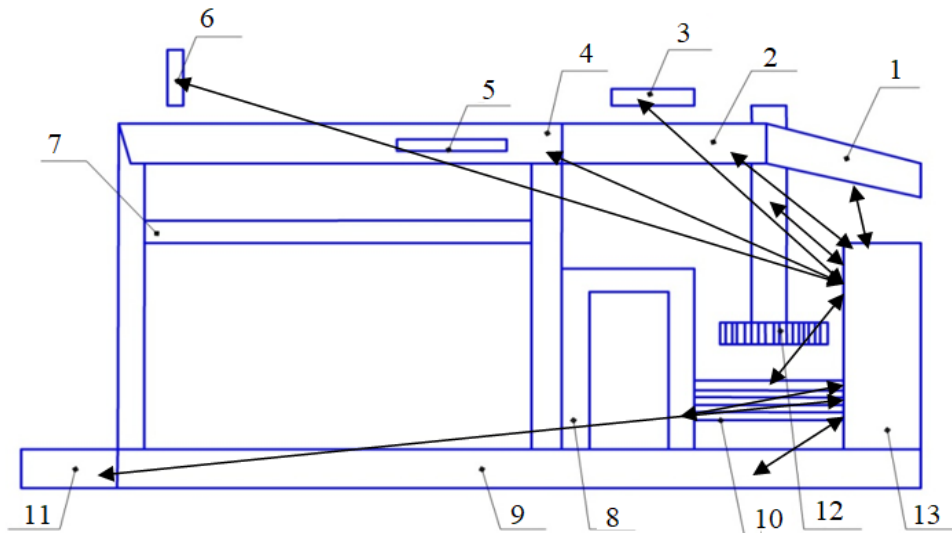


Рис. 1.66. Узагальнена функціонально-структурна схема машини із чотириколонною рамою для формування транспортних пакетів на піддоні із споживчих упаковок : 1-конвеєр подачі споживчих упаковок; 2- приймальний конвеєр ПФМ; 3- пристрій орієнтування; 4 - пристрій формування шару упаковок; 5 - пристрій переміщення шару упаковок у зону формування пакету; 6 - механізм укладання шару упаковок на прокладку; 7 - піднімально-опускний механізм; 8 - магазин піддонів; 9 - конвеєр подачі піддонів до платформи піднімально-опускного механізму; 10 - магазин прокладок; 11 - конвеєр відведення сформованого пакета із ПФМ; 12 - механізм переміщення прокладки в зону формування; 13 - блок керування

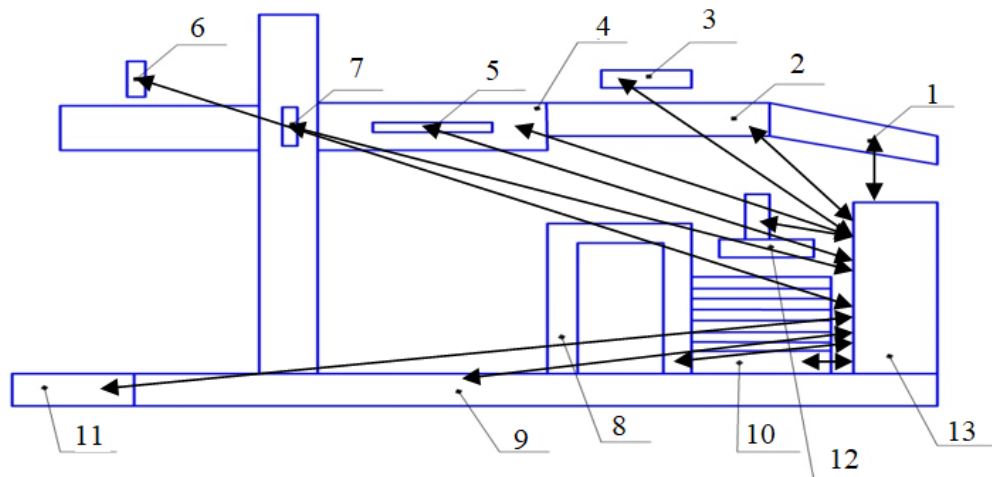


Рис. 1.67. Узагальнена функціонально-структурна схема машини із двоколонною рамою для формування транспортних пакетів на піддоні із споживчих упаковок : 1-конвеєр подачі споживчих упаковок; 2- приймальний конвеєр ПФМ; 3- пристрій орієнтування; 4 - пристрій формування шару упаковок; 5 - пристрій переміщення шару упаковок у зону формування пакету; 6 - механізм укладання шару упаковок на прокладку; 7 - піднімально-опускний механізм; 8 - магазин піддонів; 9 - конвеєр подачі піддонів до зони формування транспортного пакета; 10 - магазин прокладок; 11 - конвеєр відведення сформованого пакета із ПФМ; 12 - механізм переміщення прокладки в зону формування; 13 - блок керування

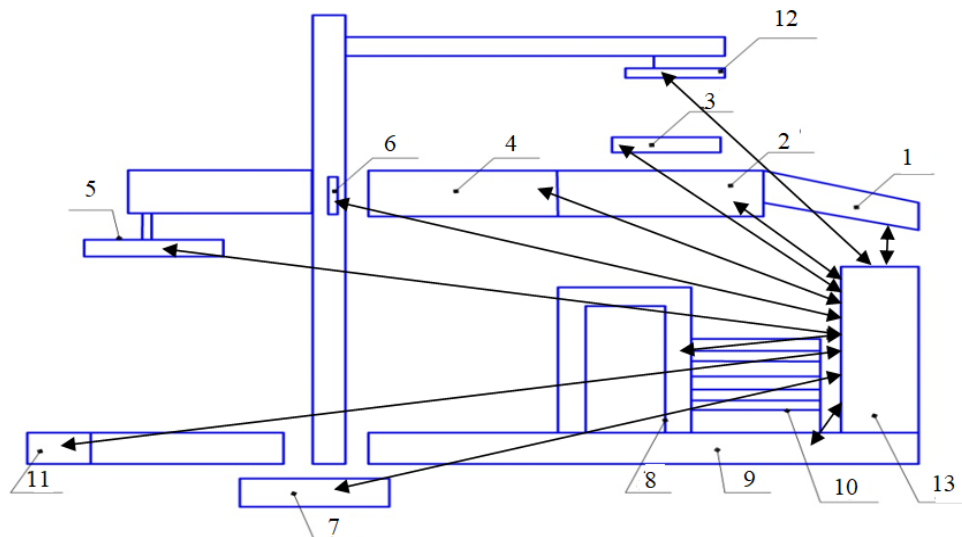


Рис. 1.68. Узагальнена функціонально-структурна схема машини із одноколонною рамою для формування транспортних пакетів на піддоні із споживчих упаковок: 1-конвеєр подачі споживчих упаковок; 2- приймальний конвеєр ПФМ; 3- пристрій орієнтування; 4 - пристрій формування шару упаковок; 5-пристрій захоплення і переміщення шару упаковок; 6- піднімально-опускний механізм; 7- механізм повороту колони; 8- магазин піддонів; 9-магазин прокладок; 10-конвеєр переміщення одиничного піддона в зону формування транспортного пакета; 11- конвеєр відведення сформованого пакета із ПФМ; 12-пристрій захоплення і переміщення прокладки в зону формування; 13 - блок керування.

1.4.4. Типові конструктивні схеми обладнання для формування транспортних пакетів

ПФМ можна поділити на певні групи, що зумовлено особливостями їх побудови, траєкторією переміщення тарних вантажів, споживчих упаковок, піддонів та інших пакетувальних засобів. Всі вони характеризуються жорсткими циклами виконання технологічного процесу. Переналагодження можливе за умови зміни або регулювання положення робочих органів машини, алгоритму керування виконанням технологічних операцій. Для об'єктивного аналізу розглянуто конструкції обладнання з різними технологічними схемами формування транспортних пакетів (табл. 1.7.-1.8) [5, 6, 10, 15].

Таблиця 1.7

Характеристика машин для формування транспортних пакетів із тарних вантажів та споживчих упаковок

№ п/п	Марка машини та її виробник	Класифікаційні ознаки машини									Технічні параметри машини		
		Ступінь автоматизації	*	**	***	Вид привода	****	Вид робочих органів	*****	Вид рами	Продуктивність, шт/год	Вид тари	Потужність приводів, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	А9-НШВ,СКБ «Продмаш»	А	С	Г	Пд	ГЕМ	1	Ш	ПБП	4	400	Картонні, дерев'яні ящики, мішки	7.1
2	ШМН-1, Спецелеватормельмаш	А	У1	Г	Пд	ЕМ	1	Ш	ПРП	4	800	Мішки, ящики із картону та дерева	9.0
3	ЦКБА, Експериментально- механічний завод	А	С	Г	Пд	ПЕМ	2	Ш	ПБП	4	1900	Картонні короба	3.2
4	Я1-ФФД, СКБ мясморпром	А	У2	Г	Пд	ЕМ	1	Ш	ПРП	4	700	Полімерні ящики	5.1
5	8Ш41, СКБ, «Продмаш»	А	С	Г	Пд	ГЕМ	1	Ш	ПБП	4	600	Ящики із картону та дерева	7.1
6	А1-МІМ-14, ВДІЕКІ «Продмаш»	А	С	Г	Пд	ПЕМ	1	Ш	ПБП	4	900	Ящики із картону	2.6
7	РЗ-ВГС, ВДНІВІВ «Магарич»	А	У2	Г	Пд	ПЕМ	1	Ш	ПБП	4	4500	Полімерні ящики	12.6
8	ПФА-50, дослідно- експериментальний завод	А	С	Г	Пд	ПЕМ	1	МЗ	ПБП	О	180	Ящики із картону, полімеру	7.5
9	А9-КШН,СКТБ «Продмаш»	А	С	Г	Пд	ЕМ	1	Ш	ПРП	4	900	Ящики із картону	9.7

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10	100.002, ВДІ «Хімпроект»	А	У1	Г	Пд	ЕМ	1	Ш	ПБП	4	1200	Картонні ящики, групові упаковки	7.24
11	Ш-24-ЛЛБ, НУХТ	А	У2	Г	Пд	ПЕМ	1	Ш		4	320	Картонні ящики	5.2
12	ПС-2, НУХТ, УкрНВО «Сіль»	А	У2	Г	Пд/ БПд	ПЕМ	1	Ш	ПРП	4	1200	Картонні ящики, групові упаковки	7.6
13	Jopal, Фінляндія	А	У1	Г	Пд	ПЕМ	1	Ш	ПРП	Д	960	Картонні ящики, мішки	1.75
14	Leifeld+Lemke, Німеччина	А	У1	Г	Пд	ПЕМ	1...4	Ш/З М	ПРП/ ПБП	Д	1000 1200	Картонні ящики, групові упаковки	-
15	W50, Wiking, Швеція	А	С	Г	Пд	ПМ	1	Ш	ПРП	4	420	Групові упаковки	-
16	EES-10, Esko Salo, Фінляндія	А	У2	Г	Пд	ПЕМ	1	Ш	ПРП	Д	1200	Картонні ящики	4.0
17	C400, Meral, Франція	А	У2	В	Пд	ГЕМ	1	Ш	ПБП	Д	5000	Полімерні ящики	-
18	СК «Хранмаш», Болгарія	А	С	Г	Пд	ЕМ	1	ЗМ	ПБП	О	1900	Полімерні ящики	8.0
19	РА-W20, А.С.М.А., Італія	А	У2	Г	Пд	ПЕМ	1	Ш	ПРП	Ч	3000	Картонні коробки	11.4
20	MEYPACK, Німеччина	А	С	Г	Пд	ПЕМ	1...3	Ш	ПРП	Ч	2000	Картонні ящики	10.0
21	PGS-2000/5000, Mollers, Німеччина	А	У1	Г	Пд	ПЕМ	1	Ш	ПРП	Д	2000	Ящики із картону, мішки	-
22	PLC, Mollers, Німеччина	А	У1	Г	Пд/ БПд	ПЕМ	1	Ш	ПРП	Ч	2000	Ящики із картону, мішки	-
23	PSF, Mollers, Німеччина	А	У1	Г	Пд	ПЕМ	1	Ш	ПРП	Д	1000	Ящики із картону, мішки	-
24	KFL800, BEUMER, Німеччина	А	У1	Г	Пд	ПЕМ	1...3	Ш	ПБП	Ч	1000	Ящики із картону, мішки	-
25	GVL1450, BEUMER, Німеччина	А	У1	Г	Пд/ БПд	ПЕМ	1...3	Ш	ПБП	Д	1500	Ящики із картону, мішки	-
26	VPII, Kettner, Німеччина	А	У2	Г	Пд	ПЕМ	1	Ш	ПРП	Ч	4500	Картонні та полімерні ящики	20.5
27	B2000-206, Monarch Enzinge, Німеччина	А	У2	Г	Пд	ПЕМ	1	Ш	ПРП	Ч	1500	Картонні та полімерні ящики	11.0

Продовження таблиці 1.7

[illegible]

Таблиця 1.8.

**Характеристика промислових роботів для формування транспортних пакетів із тарних вантажів та
споживчих упаковок**

№ п/п	Марка промислового робота та його виробник	Кількість осей руху ПР	Вантажо- підйомність, Н	Точність позиціонування, мм	Режим роботи	Вид тари
1	2	3	4	5	6	7
1	ROWEO, HGTV, Mollers Німеччина	від 3 до 6	500	0,5	Керування автономне за допомогою комп'ютера	Картонні ящики, мішки, бочки
2	MSM, ESKO SALO Фінляндія	4	800	1	Керування автономне за допомогою комп'ютера	Всі види тарно- штучних вантажів
3	SKILLED 502, Італія	4	500	4	Керування автономне за допомогою комп'ютера	Всі види тарно- штучних вантажів
4	SKILLED 602, Італія	4	600	1	Керування автономне за допомогою комп'ютера	Всі види тарно- штучних вантажів
5	ROBOTPAK, BEUMER Німеччина	4	500	2	Керування автономне, електронне	Всі види тарно- штучних вантажів
6	Модель 3330, Kawasaki Японія	3	500	1	Керування автономне, електронне	Всі види тарно- штучних вантажів
7	РБ-231, Болгарія	6	690	0,76	Сервокерування і аналоговий зворотній зв'язок	Всі види тарно- штучних вантажів
8	РБ-232, Болгарія	2...7	1840	1,27	Сервокерування і аналоговий зворотній зв'язок	Всі види тарно- штучних вантажів
9	РБ-233, Болгарія	2...7	2760	1,27	Сервокерування і аналоговий зворотній зв'язок	Всі види тарно- штучних вантажів
10	РБ-234, Болгарія	2...7	5200	1,27	Сервокерування і аналоговий зв'язок	Всі види тарно- штучних вантажів
11	НБ-100, EVRORA GARTONAS Німеччина	3...4	1000	1	Вільно-програмуючі комплекси	Ящики, мішки, групові упаковки

Продовження табл.. 1.8

1	2	3	4	5	6	7
12	Модель 762, VNI МАТЕРVNA Великобританія	5...6	200	0,2	Керуючий персональний комп'ютер	Картонні ящики
13	IR, BGO, ASEA Швеція	4...5	250	1	Керуючий персональний комп'ютер	Мішки
14	RP 400, STEIXILE Німеччина	4	500	1,2	Вільно-програмуючі комплекси	Мішки, ящики
15	PR 600, Німеччина	4	250	1,2	Вільно-програмуючі комплекси	Картонні ящики
16	Muster 500, TMG IMPIANTI, Італія	4	500	1,0	Контролер PLC Siemens S7-300	Картонні ящики, полімерні та картонні ящики

Сучасні ПФМ - технічно та технологічно складні технічні системи, розвиток та вдосконалення яких є забезпечення ефективного виконання логічних операцій по транспортуванню, складуванню і реалізації пакованої продукції.

Актуальним питанням, яке потребує вирішення під час конструювання функціональних модулів ПФМ, є використання прогресивних технологій та рішень щодо створення нового покоління техніки із новітніми адаптивними схемами керування.

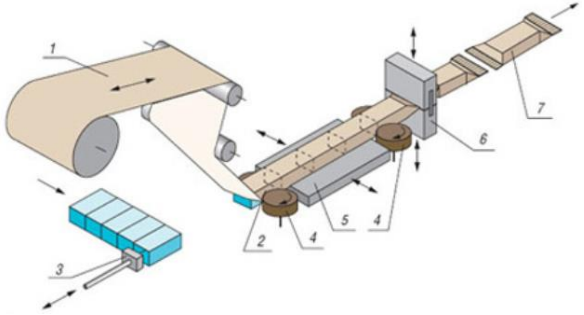
1.5 Огляд та аналіз типових функціональних модулів пакувального обладнання

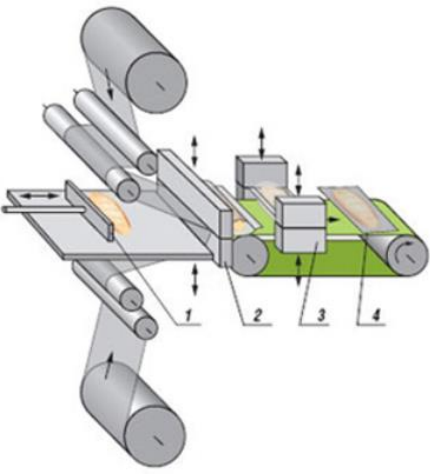
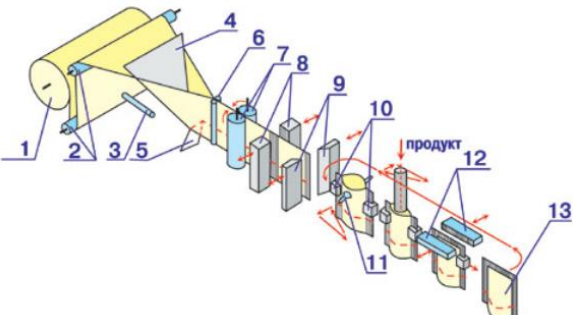
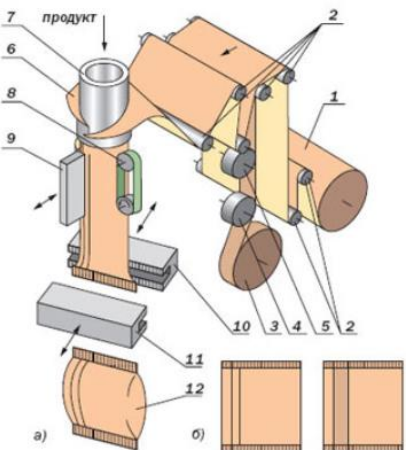
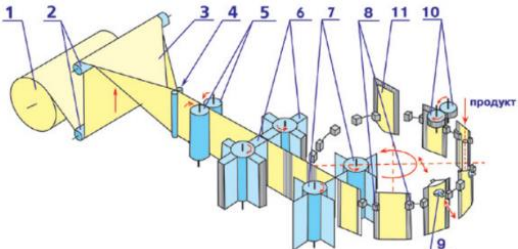
1.5.1 Типові модулі горизонтального та вертикального переміщення й повороту

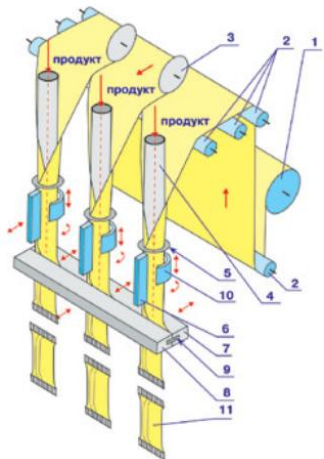
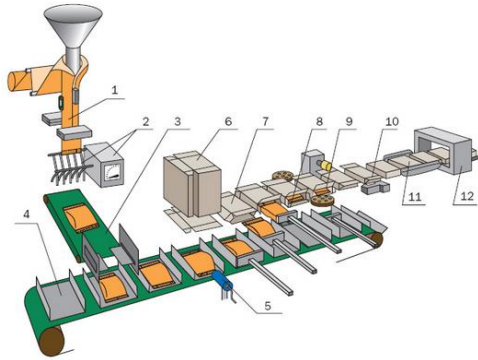
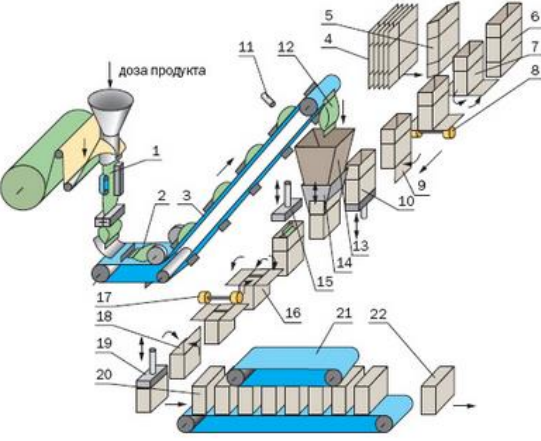
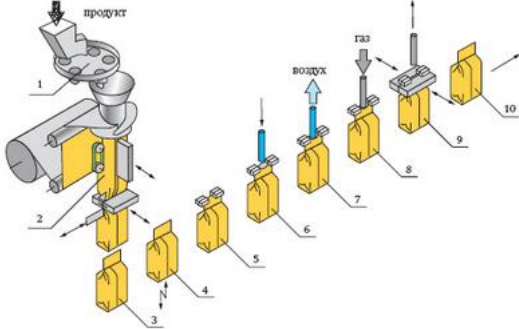
Аналіз пакувального обладнання [1, 2] дав можливість визначити найбільш типові конструкції функціональних модулів та класифікувати їх за характерними ознаками (табл. 1.9).

Таблиця 1.9

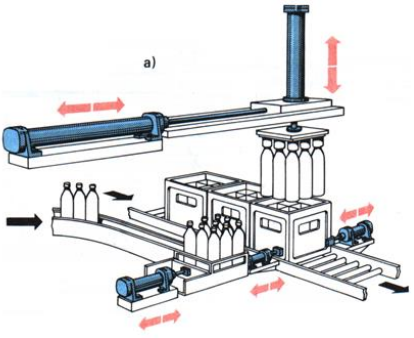
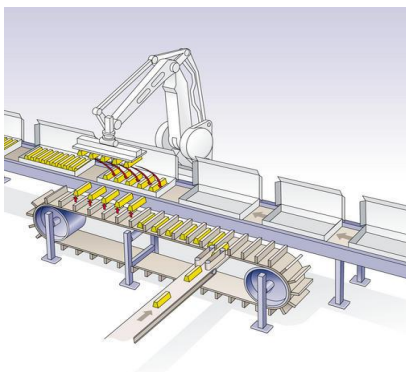
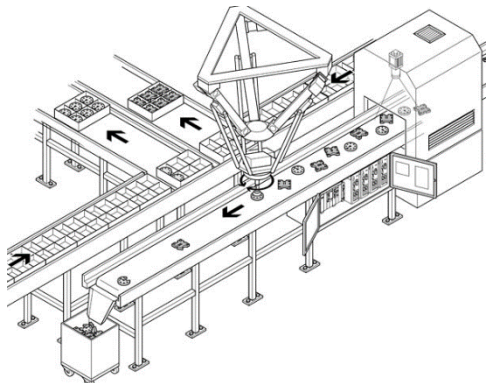
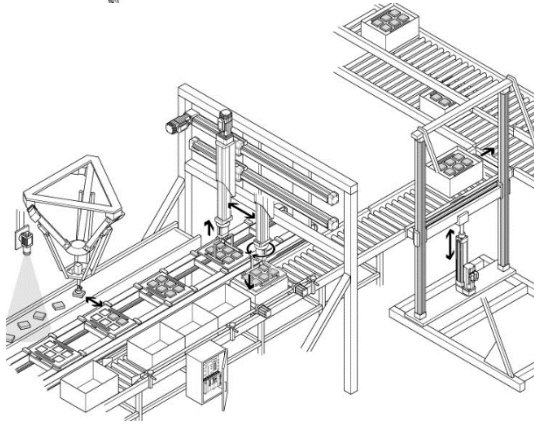
Типові конструкції функціональних модулів пакувального обладнання

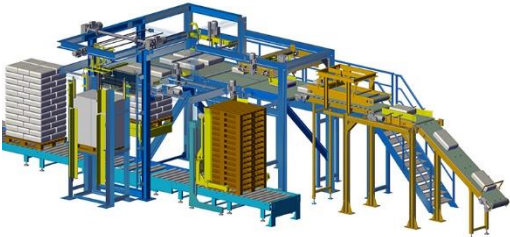
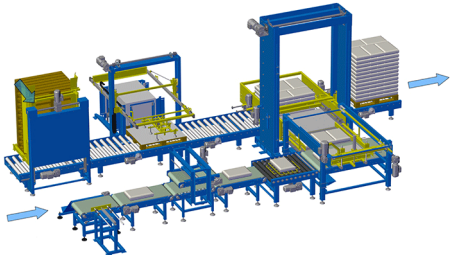
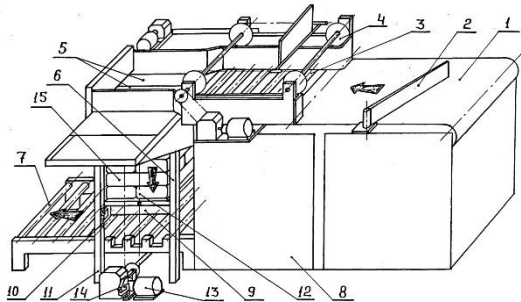
№	Типові модулі	Вид технологічної операції	Схема пакувального обладнання
1	2	3	4
Пакування в полімерні плівки			
А	Лінійного переміщення	Зіштовхування вантажів, переміщення губок та ножів	

1	2	3	4
А	Лінійного переміщення	Переміщення губок та ножів	
	Лінійного переміщення	Переміщення губок, механізмів зварювання та ножів	
	Лінійного переміщення	Переміщення губок та ножів	
	Переміщення та повороту	Поворот губок та ножів	

1	2	3	4
A	Лінійного переміщення	Переміщення ножів та губок зварювання	
Пакування в паперову та картонну тару			
Б	Лінійного переміщення	Зіштовхування вантажів, переміщення заготовки тари	
	Лінійного переміщення	Переміщення ножів, губок зварювання, механізмів формування тари	
	Лінійного переміщення	Переміщення механізмів формування клапана та зварювання	

1	2	3	4
Пакування в жорстку полімерну тару			
В	Лінійного переміщення	Переміщення механізмів формування тари, відрізання та зварювання	
Групове пакування			
Г	Лінійного переміщення та повороту	Переміщення механізмів формування тари, ряду та шару	
	Лінійного переміщення	Переміщення механізмів формування тари, ряду	

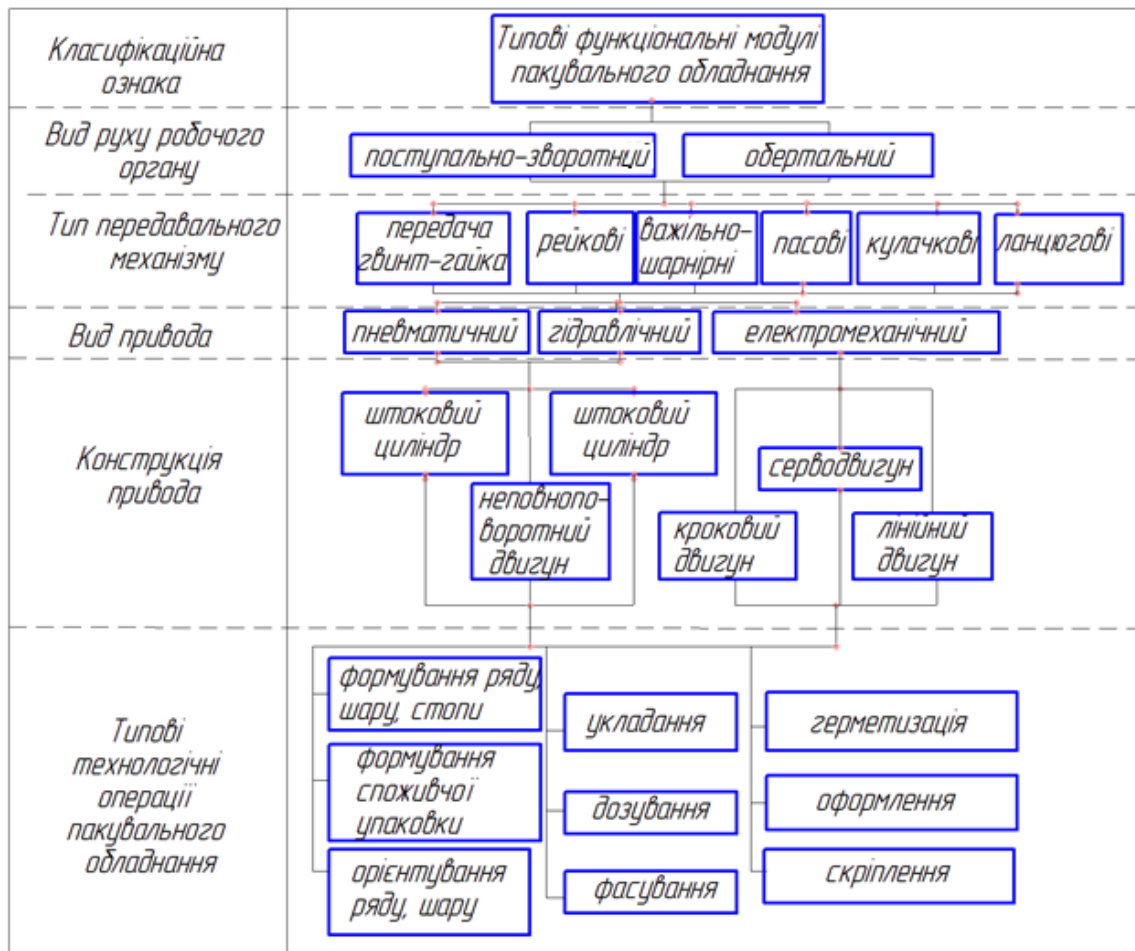
1	2	3	4
Г	Лінійного переміщення	Переміщення механізмів формування, ряду, шару та укладання в тару	
	Лінійного переміщення та повороту	Переміщення захоплювальної головки	
	Лінійного переміщення та повороту	Переміщення механізмів формування тари та укладання	
	Лінійного переміщення та повороту	Переміщення механізмів формування тари та укладання	

1	2	3	4
Формування транспортних пакетів			
Д	Лінійного переміщення	Переміщення механізмів формування ряду, шару, пакета та подачі піддону	 
	Лінійного переміщення	Переміщення механізмів формування ряду, шару та подачі піддону	
	Лінійного переміщення	Переміщення механізмів формування ряду, шару та подачі піддону	
	Лінійного переміщення та повороту	Переміщення механізмів формування ряду, шару та подачі піддону	

За результатами аналізу конструкцій пакувального обладнання встановлено, що їх побудова можлива шляхом комбінаційного поєднання обмеженої кількості типових функціональних модулів (табл.1.10).

Таблиця 1.10

Класифікація типових функціональних модулів пакувального обладнання



З аналізу табл. 1.10 стає очевидним, що до типових функціональних модулів можна віднести модулі підйому, повороту, переміщення та захоплення. За видом руху робочого органу вони можуть виконувати поступально-зворотний або обертальний рухи, в яких рушійні сили створюються пневматичними, гідравлічними або електромеханічними приводами.

Агрегатний принцип побудови пакувального обладнання з таких модулів дає можливість отримати до 55 їх модифікацій. Кожна конструкція відрізняється формою і розмірами несучого порталу, числом захоплювальних головок, їх взаємним розташуванням тощо. Приводами таких модулів є пневмоциліндр або електродвигун. Зупинка робочого органу в заданих позиціях забезпечується електронним керуванням із системою зворотного зв'язку.

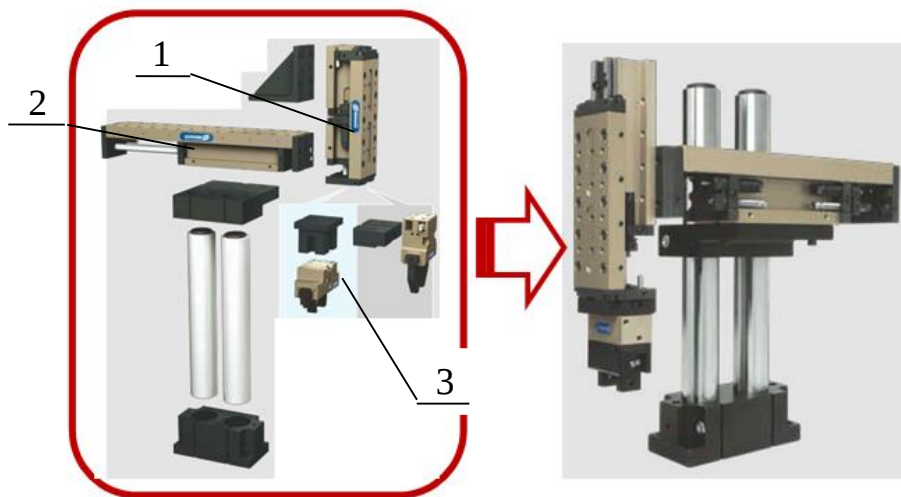


Рис.1.69. Типові модулі пакувального обладнання: 1 – модуль вертикального переміщення, 2 – модуль горизонтального переміщення, 3 – модуль захоплення

Приклади побудови на базі однієї принципової компоновочної схеми з використанням модулів лінійного переміщення наведено на рис. 1.70, А, Б.

№/№	Назва модуля	Ескіз	Вид переміщення	Вид компоновочної схеми
А	Модуль переміщення		лінійне	
	Модуль переміщення		лінійне	
Б	Модуль переміщення		лінійне	
В	Модуль повороту		колове	

Рис.1.70. Послідовність побудови пакувального обладнання із функціональних модулів для однієї принципової компоновочної схеми

Якщо використати агрегатний спосіб побудови пакувального обладнання шляхом можливої комбінації трьох функціональних модулів: повороту колони, лінійного переміщення та повороту захоплювального пристрою, то можна скомплектувати до 50 модифікацій пакувального обладнання, конструкції яких будуть відрізнятися різними технічними характеристиками (рис. 1.71).

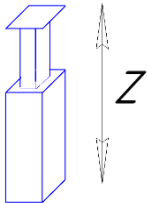
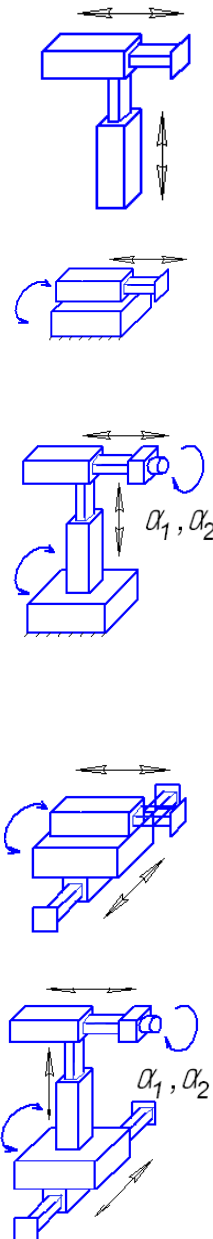
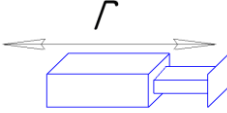
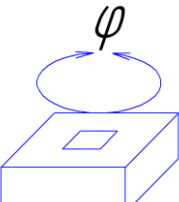
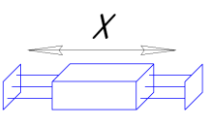
№/№	Назва модуля	Ескіз	Вид переміщення	Вид компоновочної схеми
А	Модуль переміщення		лінійне	
Б	Модуль руки г		лінійне	
В	Модуль повороту колони на кут φ		колове	
Г	Модуль переміщення в площині х		лінійне	
Д	Модуль повороту захоплювального пристрою на кути α_1, α_2		колове	

Рис. 1.71. Послідовність побудови пакувального обладнання із агрегатно-функціональних модулів

1.5.2. Типові модулі захоплювання

Захоплювальні пристрої (захоплювальні головки) – це конструкції, що призначені для захоплювання та утримування за допомогою різного виду захоплювальних елементів у певному положенні упаковок під час їх переміщення. Сьогодення пакувальної індустрії характеризується розробкою та використанням великої номенклатури упаковок, які мають різну форму, розмір, масу, різні фізичні та механічні характеристики матеріалів, з яких вони виготовлені. Тому конструкція кожного захоплювального пристрою характеризується видом контакту його робочих органів із елементами упаковки. Якщо прийняти таку класифікаційну ознаку, то всі захоплювальні пристрої пакувального обладнання можна поділити на певні групи. Кожна група буде вирізнятись способом реалізації взаємодії робочого органа з елементами упаковки для її утримання: механічним, вакуумним, магнітним та комбінованим. Розширена класифікація захоплювальних пристроїв, які використовуються в пакувальному обладнанні, наведена на рис.1.72.

З точки зору процесу керування захоплювальні пристрої умовно поділяють на три групи:

1. Некеровані - захоплювання об'єктів у таких пристроях відбувається за рахунок постійних зусиль, утворених за допомогою пружинних механічних пристроїв, постійних магнітів і т.д. Для відриву об'єктів від захоплювальної головки потрібно прикласти до об'єкту силу, більшу за силу утримування.

2. Керовані захоплювальні пристрої - конструкція таких пристроїв забезпечує захоплювання та звільнення упаковок лише за попередньою командою, отриманою від додаткового робочого органу. До додаткових робочих органів відносять пневмоциліндри, електродвигуни, електромагнітні котушки, тощо. Контроль та зміна параметрів утримання забезпечується електронною системою керування.

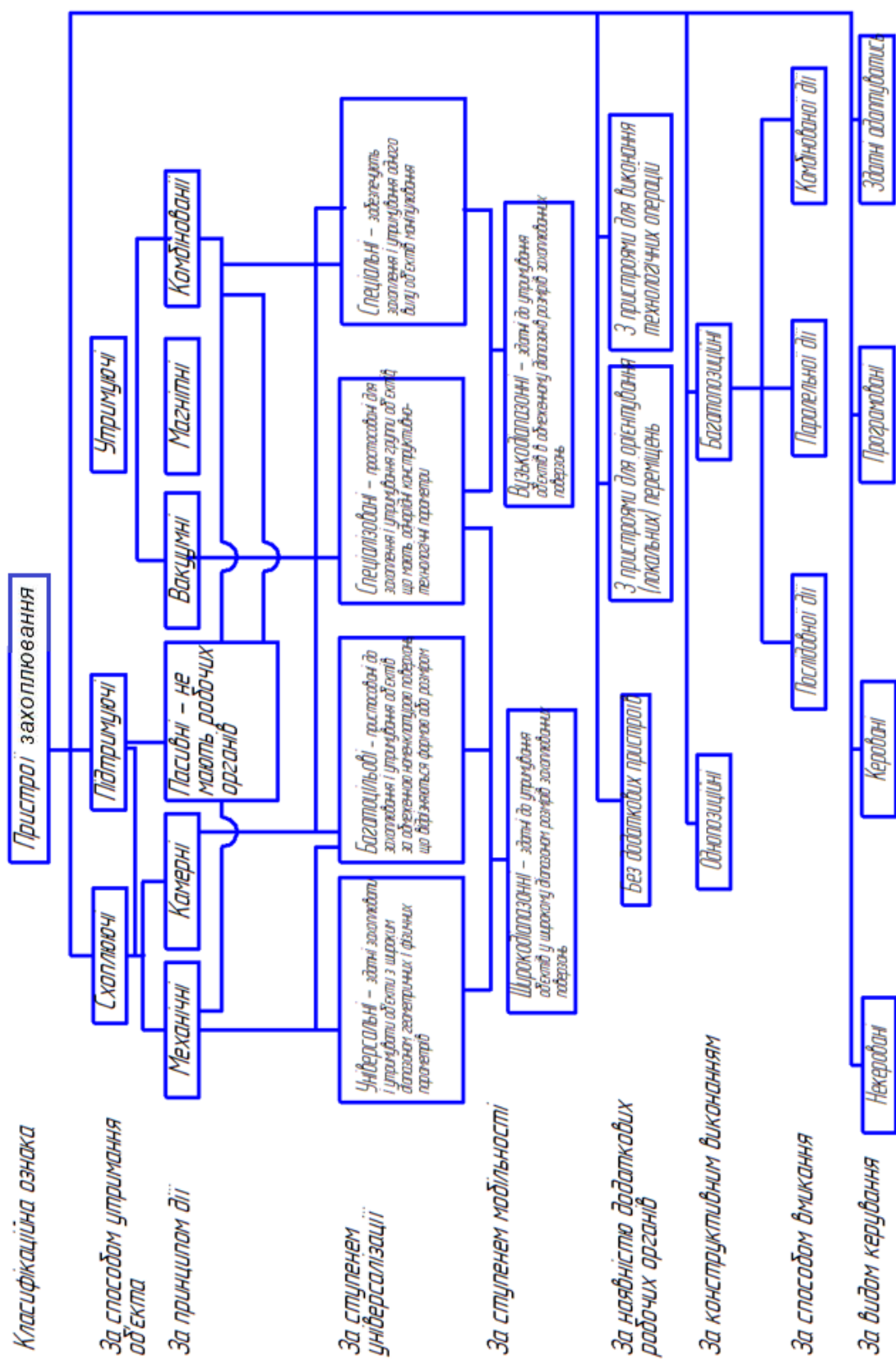


Рис.1.72. Класифікація пристроїв захоплювання пакувального обладнання

3. Адаптувальні захоплювальні пристрої - такі пристрої в своїй конструкції містять систему датчиків, які формують інформацію про процес захоплювання, визначають форму упаковки, її масу, зусилля притискання, крок між упаковками та їх положення під час транспортування.

За видом руху: захоплювальний пристрій може виконувати плоско-паралельний, поступальний, обертальний та складний рухи.

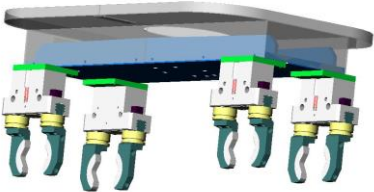
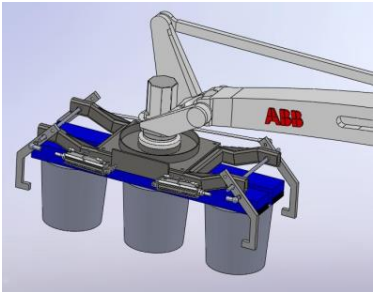
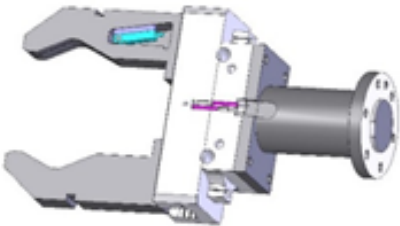
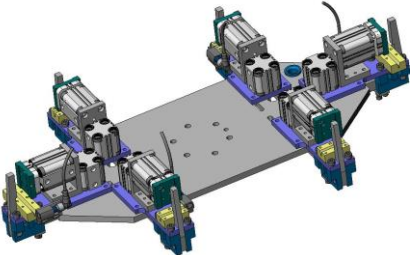
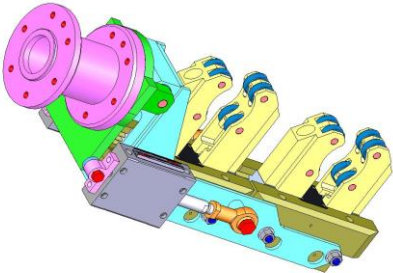
Вимоги до захоплювальних пристроїв умовно можна поділити на загальні та спеціальні.

До загальних вимог відносять надійність захоплювання та утримання упаковок, неможливість пошкодження їх товарного вигляду чи часткового руйнування. Спеціальні вимоги пов'язані з особливістю технологічного процесу та виробничних умов формування упаковки. У разі, якщо упаковки формуються з виробів різної форми або маси, для їх переміщення застосовують універсальні захоплювальні пристрої або захоплювальні пристрої, що мають змінні робочі органи. На основі аналізу пакувального обладнання визначено широко використовувані конструкції захоплювальних пристроїв та класифіковано їх за характерними ознаками (табл. 1.11).

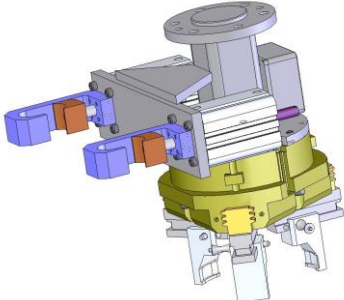
Механічні захоплювальні пристрої працюють за рахунок зусиль притискання та сил тертя. Робочими елементами в таких пристроях є губки, пальці, кліщі, важелі або гумові камери. Як виконавчі механізми використовують захоплювальні пристрої важільного, важільно-плунжерного, клино-плунжерного, рейково-важільного, кулісно-важільного і клино-важільного самоцентруючого типу. Між приводом захоплювального пристрою та його робочим органом, який контактує з об'єктом, можуть встановлюватися зубчаті передачі або допоміжні пружні елементи у вигляді спеціальних тросів, пасових або ланцюгових передач.

Таблиця 1.11

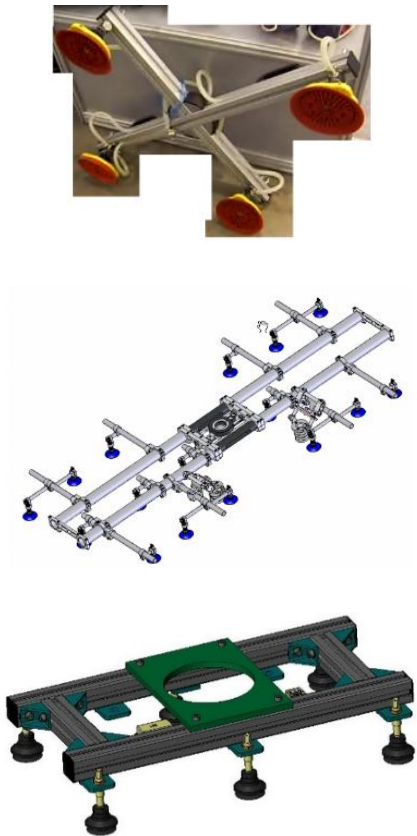
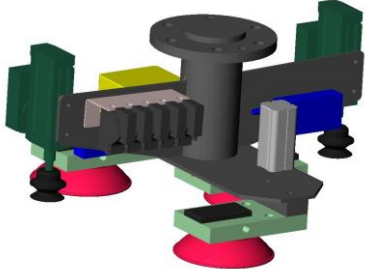
Типові конструкції пристроїв захоплювання у пакувальному обладнанні

№	Спосіб захоплювання упаковок	Робочі елементи	Вигляд захоплювального пристрою
1	2	3	4
A	Механічний	Кліщі (пальці)	    

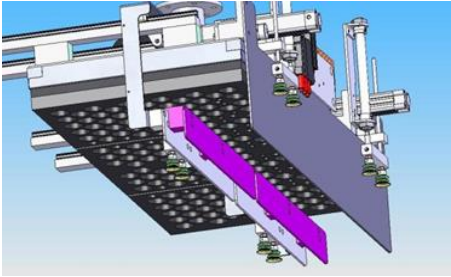
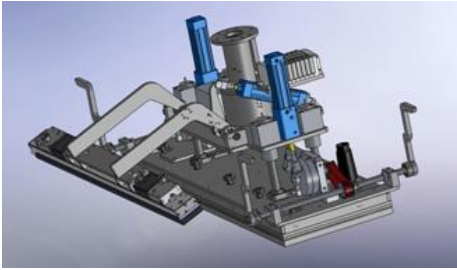
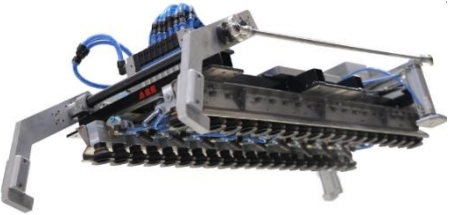
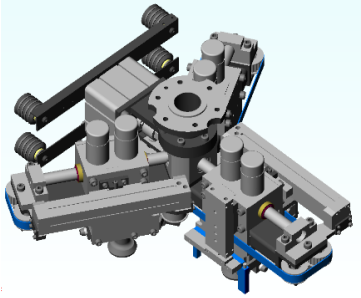
Продовження таблиці 1.11

1	2	3	4
Б	Механічний	Стулки	
В	Механічний	Вили	
Г	Механічний	Стулки та вили	 
Д	Механічний	Пальці	

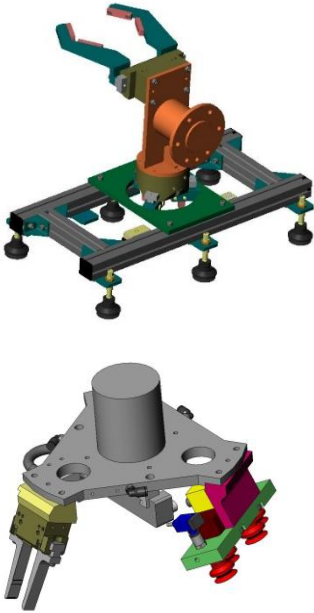
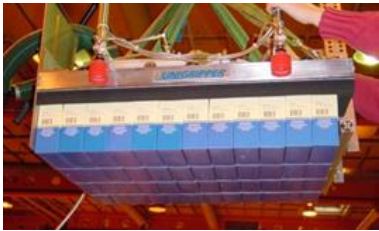
Продовження таблиці 1.11

1	2	3	4
Є	Вакуумний	Камерні присмоктувачі	
Е	Вакуумний	Присмоктувачі	
Ж	Магнітний	Магнітна плита	

Продовження таблиці 1.11

1	2	3	4
3	Комбінований	Присмоктувачі та стулки	  
К	Комбінований	Присмоктувачі та пальці	 

Продовження таблиці 1.11

1	2	3	4
			
Л	Комбінований	Магнітна плита та стулки	

В особливу групу можна виділити підтримувальні механічні захоплювальні пристрої. У таких пристроях для утримання об'єкта використовують спеціальні рухомі поверхні, які за рахунок механічного переміщення потрапляють під днища упаковок або в спеціальні отвори чи виступи, що є конструктивними елементами упаковок. Робочими елементами в таких пристроях здебільшого є лопатки, вилки, перфоровані площини, петлі, гаки, стулки.

Вакуумні та магнітні захоплювальні пристрої працюють за рахунок сил, природа яких базується на явищах електростатичного притягування, адгезії, ежекції. У деяких випадках спостерігається тенденція використання комбінованих захоплювальних пристроїв. У конструкціях таких пристроїв найбільш часто зустрічається комбінація механічних та вакуумних захоплювальних елементів.

1.5.2.1. Огляд та аналіз конструкцій механічних пристроїв захоплювання

Для переміщення пакованої продукції в жорсткій або напівжорсткій упаковці (банки, пляшки, пачки), яка характеризується постійними розмірами та незмінною формою, широкого використання набули механічні пристрої захоплювання. Різноманітність конструкцій таких пристроїв здебільшого характеризується способом утримування упаковки під час переміщення.

Так, механічні захоплювальні пристрої можна класифікувати за наступними ознаками: за типом виконавчого механізму: безважільні, важільні, клинові і рейкові; за формою утримувальних елементів: з плоскими і фігурними губками; за видом руху кулачків: з лінійним і кутовим переміщенням; за числом кулачків: двокулачкові, трикулачкові і багатоклачкові; за конструкцією затискних механізмів, що використовуються в захоплювальних пристроях безпосередньо для утримання пакувальних об'єктів: важільні, рейково-важільні, кулісно-важільні, клино-важільні самоцентруючі механізми; за наявністю привода: приводні та безприводні.

Класифікація механічних пристроїв захоплювання наведена в таблиці 1.12, а їх конструктивні характеристики – в таблиці 1.13.

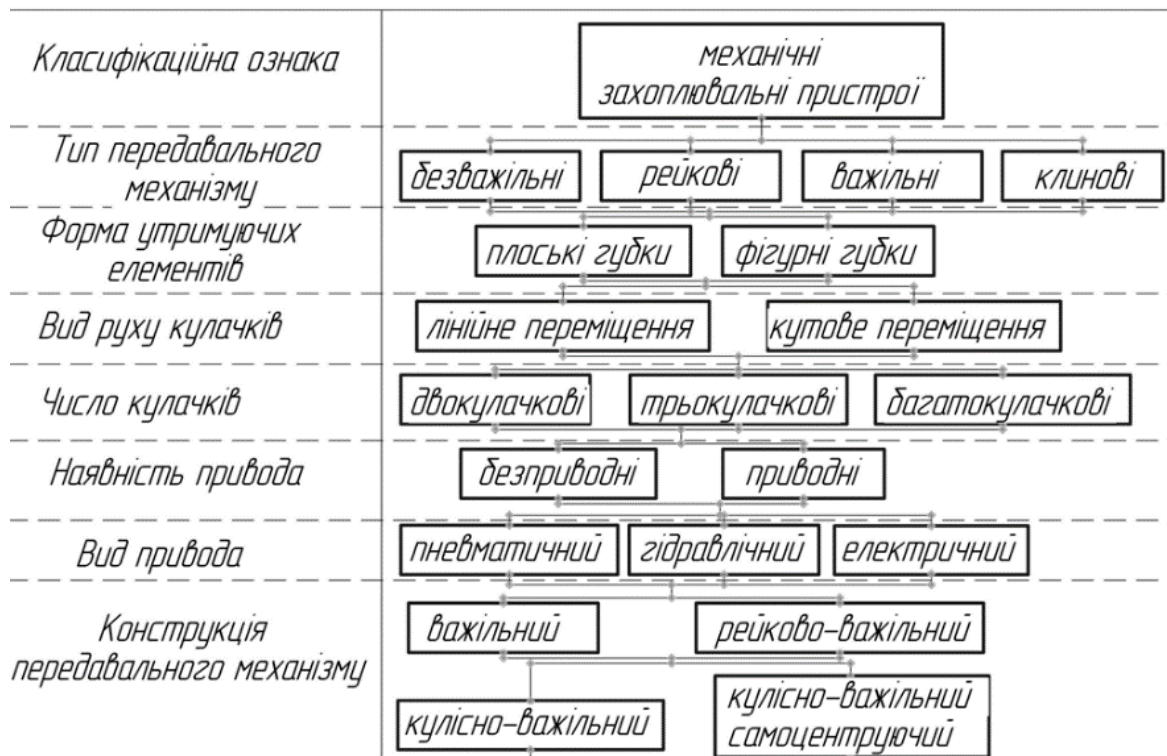
В особливу групу (табл. 1.13, А) можна виділити безприводні захоплювальні пристрої. У таких пристроях чергування циклів затискання і розтискання є автономним та не вимагає спеціальних команд від системи керування й додаткового підводу енергії.

Упаковки в таких пристроях здебільшого утримуються силою пружин внаслідок ефекту самозатягування губок під час підйому пристрою та їх розходження в момент вивантаження. Функціонування пристроїв можливе тільки за умови їх розташування та переміщення у вертикальній площині. Обмеження застосування безприводних захоплювальних пристроїв у пакувальному обладнанні обумовлене невеликим допуском положення об'єкту відносно губок та ускладненням процесу його відпускання. До

переваг відноситься автоматичне регулювання зусилля утримування, простота і надійність конструкції.

Таблиця 1.12

Класифікація механічних пристроїв захоплювання

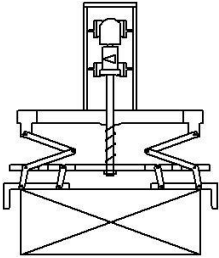
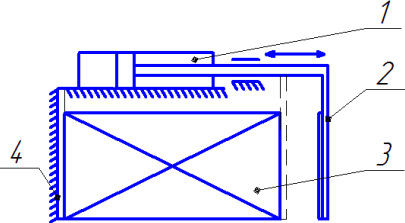
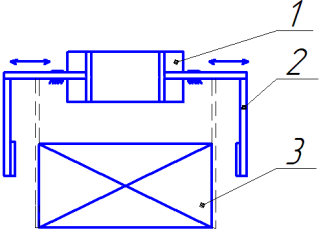


Якість утримування упаковок такими пристроями суттєво залежить від їх фізико-механічних характеристик, що є додатковим стримувальним фактором їх використання в пакувальному обладнанні.

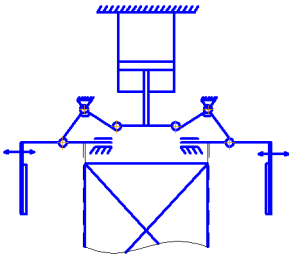
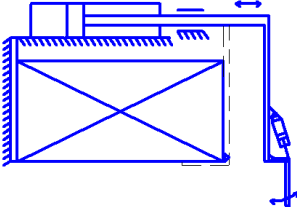
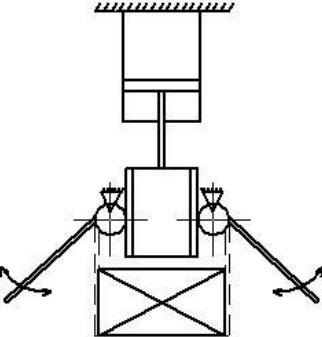
Найбільшого застосування в сучасному пакувальному обладнанні набули керовані захоплювальні пристрої. У таких пристроях використовують пневмо-, гідро- та електроприводи. Найбільш широко застосовується пневматичний привод, який відрізняється простотою конструкції, зручністю підведення енергії, високою швидкістю та інш. До недоліків відносять великі габарити робочих органів при порівняно малих силах захоплювання через низький тиск стисненого повітря (0,4-0,6 МПа). Конструкція механічних пристроїв з пневматичними приводами вимагає додатково застосування важільних передавальних механізмів (табл. 1.13, Г, Є, З), які одночасно виконують роль механізмів-підсилювачів, здатних збільшити рушійну силу приводу.

Таблиця 1.13

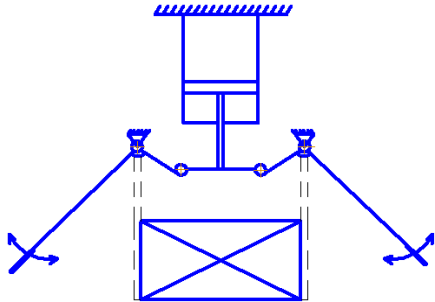
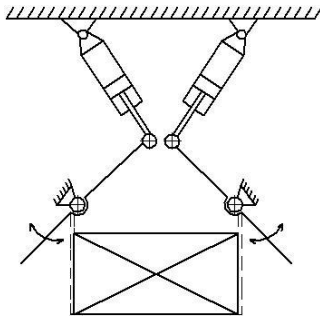
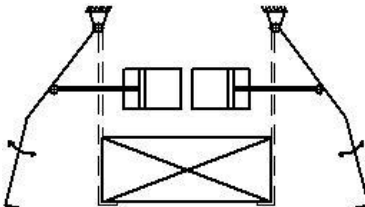
Конструктивні характеристики механічних пристроїв захоплювання

№	Тип руху стулок	Наявність приводу	Кількість приводів	Конструкція затискного механізму	Кількість рухомих стулок	Схема захоплювального пристрою
1	2	3	4	5	6	7
А	Зворотно- поступальний	Без- приводний	0	Важільний з накладними губками	2	
Б	Зворотно- поступальний	Приводний	1	Важільний зі знімними губками	1	
В	Зворотно- поступальний	Приводний	1	Важільний зі знімними губками	2	

Продовження табл. 1.13

1	2	3	4	5	6	7
Г	Зворотно-поступальний	Приводний	1	Важільний зі знімними губками	2	
Д	Зворотно-поступальний	Приводний	2	Важільний з накладними губками та підтримувальним елементом	1	
Е	Коливальний	Приводний	1	Рейково-важільний зі знімними губками	2	

Продовження табл. 1.13

1	2	3	4	5	6	7
Є	Коливальний	Приводний	1	Важільний зі знімними губками	2	
Ж	Коливальний	Приводний	2	Важільний зі знімними губками	2	
З	Коливальний	Приводний	2	Важільний з накладними губками та підтримувальними елементами	2	

Другим по значущості є використання гідравлічного приводу, який може забезпечувати великі зусилля при малих його габаритах. Для захоплювальних пристроїв із гідравлічним приводом широко використовують рейково-шестерінчаті передачі (табл. 1.13, 3). Однак, застосування гідроприводу в пакувальному обладнанні обмежено гігієнічними вимогами, малими швидкостями, складною і кошовною системою керування.

Електромеханічні приводи із самогальмуючими черв'ячними і гвинтовими передачами знаходять менше застосування через їхню складність конструкцій та відносно велику вартість. Тому, подальшим дослідженням потрібно віддати перевагу конструкціям механічних захоплювальних пристроїв із пневматичним приводом. Важільні захоплювальні пристрої найбільш широко використовують в таких групах функціональних модулів.

Перша група пристроїв забезпечує зворотно-поступальний рух стулок. Схема захоплювального пристрою важільного типу з одним пневмоприводом наведено на рис. 1.73. Пристрій комплектується змінними губками, що дає можливість споживачам використовувати їх для роботи з упаковками різного розміру, різних форм та матеріалів.

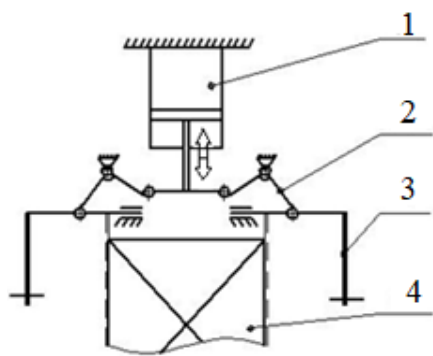


Рис. 1.73. Схема захоплювального пристрою важільного типу зі зворотно-поступальним рухом стулок: 1- пневмопривод; 2 - важелі; 3 - стулки; 4 - упаковка

Захоплювальний пристрій складається з корпусу, до якого шарнірно кріпляться важелі. Приводом у цій конструкції використовується пневмопривод 1, до штоку якого закріплені осі важелів 2. Переміщення штоку призводить до зворотно-поступального руху стулок 3 відносно шарнірно закріплених важелів, тим самим здійснюється захоплення та відпускання об'єкту 4.

Друга група пристроїв забезпечує коливальний рух стулок. На рис. 1.74 наведена схема механічного захоплювального пристрою рейково-важільного типу з одним пневмоприводом.

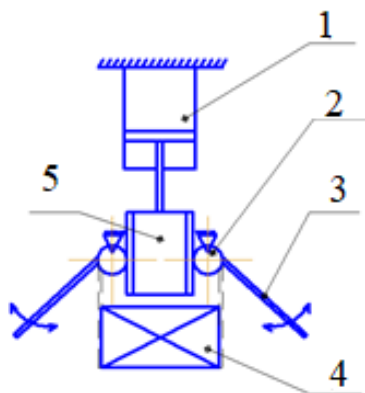


Рис. 1.74. Схема механічного захоплювального пристрою рейково-важільного типу з коливальним рухом стулок: 1- пневмоциліндр двосторонньої дії; 2- циліндричні зубчаті колеса; 3 – стулки; 4- упаковка; 5 – зубчаста рейка

Виробниками пакувального обладнання пропонуються захоплювальні пристрої такого типу в чотирьох модифікаціях з різними розмірами ходу губок та діаметром поршня 16, 25, 32, 40 мм. Робочий тиск повітря становить від 0,2 до 0,8 МПа. Кут розкриття кулачків а, отже, і закріплених на них губок, становить до 180°. Приводом захоплювального пристрою є пневмоциліндр двосторонньої дії 1 з штоком, на кінці якого виконані канавки під зубці з однаковим кроком. Зачеплення виконано у вигляді циліндричних зубчатих коліс, на осях яких закріплені рейки зі стулками з отворами для встановлення змінних губок. Шток із канавками і колеса утворюють цівочний механізм 2, який є різновидом зубчатого механізму. Подача повітря в пневмоциліндр призводить до коливального руху стулок з губками 3.

Третя група пристроїв забезпечує переміщення стулок безпосередньо приводом без використання додаткових важелів. На рис. 1.75 та рис. 1.76 наведені схеми механічних захоплювальних пристроїв із зворотно-поступальним рухом стулок. Конструкція привода складається з пневмоциліндра з двома штоками 1, до яких прикріплені стулки 2 через напрямні. Стулки зі знімними губками такого пристрою здійснюють зворотно-поступальний рух. Виробниками пропонуються захоплювальні пристрої такого типу в трьох модифікаціях, які відрізняються наявністю

одного, двох та трьох пневмоциліндрів.

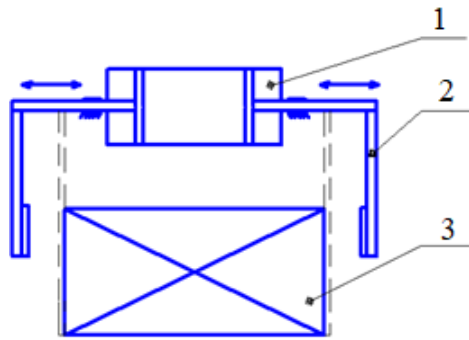


Рис. 1.75. Схема захоплювального пристрою зі зворотно-поступальним рухом стулок: 1- пневмоциліндр двосторонньої дії; 2 - стулки; 3 - упаковка

Четверта група пристроїв характеризується наявністю однієї рухомої та нерухомої стулок. Конструкція таких пристроїв наведена на рис. 1.75 та складається з одного привода 1, опорної поверхні 4 та рухомої стулки 2. Рухома стулка здійснює зворотно-поступальний рух.

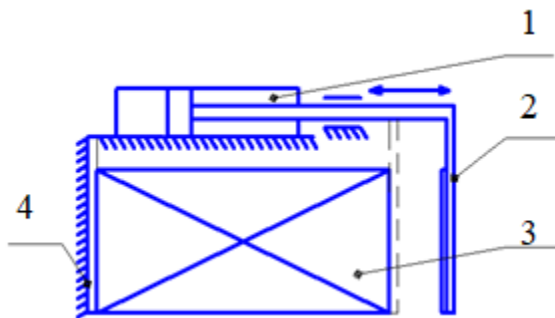


Рис. 1.76. Схема механічного захоплювального пристрою з однією рухомою стулкою: 1- пневмоциліндр; 2 – рухома стулка; 3 – упаковка; 4 – опорна поверхня

Сьогодні механічні захоплювальні пристрої є і залишаються найбільш використовуваними модулями в пакувальному обладнанні. Поява нових пакувальних матеріалів спонукає виробників до розроблення нових видів упаковки за формою та дизайном, що викликає потребу в постійному удосконаленні конструкцій механічних захоплювальних пристроїв.

1.5.2.2. Огляд та аналіз конструкцій вакуумних пристроїв захоплювання

Для переміщення «м'яких споживчих упаковок», наприклад, з полімерної плівки, яка характеризується змінними розмірами та формою, або з «жорстких споживчих упаковок» складної форми найбільш широкого використання набули вакуумні захоплювальні пристрої. [3- 24].

Вакуумна система складається з двох основних елементів – присмоктувача та пристрою для отримання вакууму.

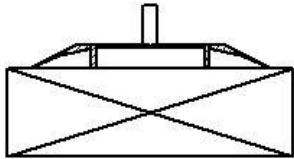
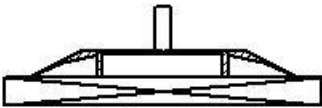
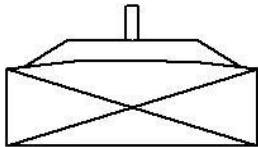
Існують два основні способи створення вакууму, що широко застосовують в пакувальному обладнанні: за допомогою вакуумного насоса, який відкачує повітря з резервуару, або використання ежекторів, які створюють вакуум завдяки кінетичній енергії стисненого повітря. Спосіб створення вакууму за допомогою вакуумного насоса об'ємного типу використовується у випадку, коли потрібно отримати вакуум середнього та глибокого значення у великих об'ємах. У більшості випадків вакуум створюється за допомогою ежекторів, оскільки такий спосіб набагато дешевший.

Одними із основних елементів, які призначені для утримування упаковок, є присмоктувачі. Принцип їх дії базується на явищі створення розрідження в герметично ущільненій камері, утвореній поверхнею захоплювального вантажу і корпусом присмоктувача, що призводить до появи перепаду тиску між ущільненою камерою та навколишнім середовищем і виникненням зусилля захоплювання вантажу. За глибиною камери присмоктувачі поділяються на мілкі, стандартні та глибокі; за формою захоплювального елемента – круглі та овальні; за кількістю гофрокілець - одна, півтори та три з половиною гофри; за способом захоплювання - вакуумні, камерні, струменеві. Найбільш широко використовуються присмоктувачі круглої форми, так як мають більш просту технологію виготовлення за допомогою прес-форм.

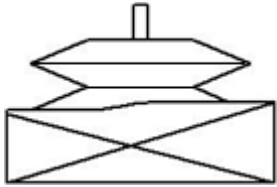
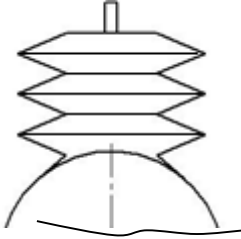
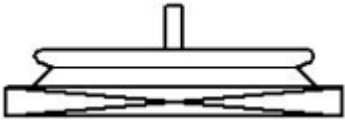
Вакуумні захоплювальні пристрої застосовують для переміщення упаковок різних форм та з різних пакувальних матеріалів. Якість фіксації присмоктувачів на об'єкті залежить від форми поверхні контакту, її шорсткості та стану покриття. Порівняння різних конструкцій вакуумних пристроїв наведено в таблиці 1.14 за такими ознаками: ефективність використання кожного типу привода та системи керування ним в напрямках реалізації заданих кінематичних та динамічних характеристик; точність позиціонування; гнучкість заміни технологічного циклу; собівартості системи керування.

Таблиця 1.14

Класифікація вакуумних пристроїв захоплювання

Форма присмоктувача / позначення літерою	Тип поверхні для захоплювання	Величина компенсації за висотою захоплювання, мм	Зусилля утримування, Н	Схема утримування
Стандартна плоска (S)	Плоска, малохвиляста	0	0,1÷1610	
Стандартна плоска з ребрами жорсткості	Плоска тонка	0	0,1÷1400	
Глибока (E)	Глибока округлена випукла, мало нахилена з кутом до 5°	0	0,8÷440	

Продовження табл. 1.14

1,5 гофро (В)	Хвиляста, випукла, округлена, мало - нахилена з кутом від 5° до 30°	4,2÷12,5	4,7÷213	
3,5 гофро (С)	Кругла, нахилена під кутом від 30° до 60°	3,4÷80	3,9÷123	
Овальна (О)	Вузька, довга, витягнута	0	2÷134	

У пакувальному обладнанні використовують різні матеріали присмоктувачів: пербунан, поліуретан, силікон, вітон, пербунан антистатик та вулкан термостатик. За стандартом України та вимогами європейського стандарту ISO матеріал присмоктувача повинен мати свій постійний колір, який є незмінним незалежно від виробника. Вимоги стандарту передбачають також позначення літерою кожного із матеріалів. Матеріали присмоктувачів оцінюють через хіміко-механічні характеристики, основними з яких є швидкість зношення матеріалу та межі температурного режиму роботи. Порівняння характеристик матеріалів присмоктувачів наведено в табл.1.15.

Таблиця 1.15

Матеріали присмоктувачів та сфери їх застосування

Матеріали присосок	Пербунан	Поліуретан	Силікон	Вітон	Пербунан (антистатич.)
Код матеріалу	N	U	S	F	NA
Колір	Чорний	Блакитний	Білий прозорий	Сірий	Чорний з білими крапками
Зносостійкість	●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Область використання					
Харчові продукти			●		
Замаслена поверхня	●	●		●	●
Високі температури			●	●	
Низькі температури		●	●		
Антистатичні					●
Тонкі плівки, відтиски			●	●	
Стійкість					
Атмосферні умови	●●	●●●	●●●	●●●	●●
Озон	●	●●●	●●●	●●●	●
Масла	●●●	●●●	●	●●●	●●●
Паливо	●●	●●	●	●●●	●●
Розчинники	●●	●	●●	●●●	●●
Розчини кислот	●	●	●	●●●	●
Алкоголь	●●●	●●●	●●●	●●	●●
Температурний діапазон (°C)	-10...+70	-20...+60	-30...+180	-10...+200	-10...+70
Твердість по Шору А	50 ± 5	60 ± 5	50 ± 5	60 ± 5	50 ± 5

«●» – оцінка параметра «добре»; «●●» – оцінка параметра «дуже добре»; «●●●» – оцінка параметра «відмінно».

Вибір матеріалу присмоктувачів для пакувального обладнання додатково обмежується гігієнічно – санітарними вимогами, які різняться місцем

(зонами) розташування обладнання в лініях пакування.

Так, для першої та другої зон, які характеризуються безпосереднім або частковим контактом присмоктувачів із харчовим продуктом, можна використовувати лише силіконові присмоктувачі - це єдиний матеріал із всіх наведених, який має розширений сертифікат відповідності для харчового обладнання. Для третьої зони, яка характеризується контактом присмоктувачів із пакованим харчовим продуктом, можна використовувати решту матеріалів.

Термін довговічності присмоктувачів суттєво залежить від умов навколишнього середовища, де вони експлуатуються, та хімічних засобів, які використовуються для миття та очищення обладнання. Основним конструктивним параметром присмоктувачів є їх діаметр або розміри овала. Виробники пропонують 15 стандартних діаметрів круглих присмоктувачів від 2 до 200 мм та стільки ж овальних з розмірами від 4x10 до 30x90 мм. Діаметр присмоктувача визначається з розрахунку величини зусилля утримування. Під час розрахунку зусилля враховується вага виробу, матеріал поверхонь захоплювання, їх стан та розташування, додаткові сили, що діють в процесі переміщення та обмеження, обумовлені конструкцією обладнання та технікою безпеки.

Кожен виробник присмоктувачів надає технічну інформацію з характеристиками теоретичних значень зусиль утримування.

Найбільш складною є конструкція струменевого захоплювального пристрою (рис. 1.77).

Захоплювальний пристрій працює наступним чином. При подачі стисненого повітря в отвір 2 воно надходить до каналу 3 через розподільчий отвір 12. Профіль каналу 3 забезпечує розгін струменя повітря до швидкості звуку. Рух цих потоків повітря вздовж сопел 3, пазів 4 і торцевих поверхонь корпусу 1 створює розрідження в камері 10. У результаті цього виникає зусилля захоплювання упаковки шляхом притиснення її до корпусу 1 та диска

7. Глибина вакууму залежить від швидкості руху повітря через сопла 3 і регулюється зменшенням їх поперечних перерізів.

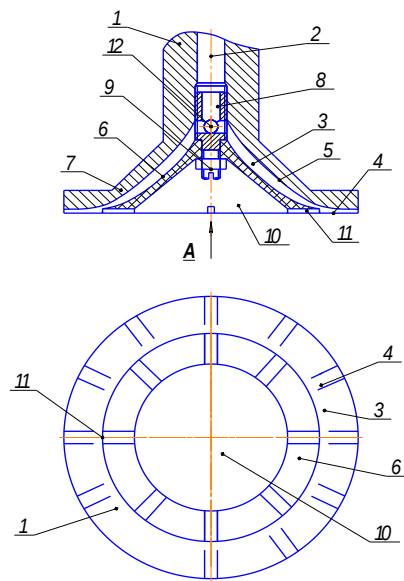


Рис. 1.77. Конструкція струменевого захоплювального пристрою

Таким чином під час роботи в струменевому присмоктувачі утворюється дві зони тиску: в центральній частині - розрідження, а по зовнішньому кільцю — надлишковий тиск. Цим компенсується прогин тонкої поверхні пакувального матеріалу, забезпечується цілісність товарного вигляду упаковок та необхідне зусилля утримування.

Аналіз ринку пакувальних матеріалів показав, що сьогодні існує велика номенклатура тонкостінних матеріалів. Такі матеріали мають ряд переваг, основною серед яких є безумовно низька собівартість витрати матеріалу. Тому виробники активно починають використовувати їх для виготовлення нових видів упаковки. Переміщення тонкостінних упаковок вакуумними присмоктувачами призводить до втрати товарного вигляду через часткове руйнування поверхонь. Зазвичай збереження товарного вигляду забезпечують шляхом зменшення величини розрідження в порожнині захоплювального пристрою. Однак, такий підхід збільшує ймовірність відриву упаковок у процесі переміщення. Аналіз конструкцій присмоктувачів для тонкостінних упаковок показав, що існує два варіанти вирішення такої задачі (табл. 1.16).

Таблиця 1.16

Конструкції присмоктувачів для тонкостінних упаковок

Вакуумний присмоктувач із спеціальним грибковим фільтром-вставкою	Струменевий присмоктувач
	

Перший варіант передбачає застосування спеціального фільтра-вставки. Фільтр кріпиться в середину присмоктувача між гофрами та обмежує прогин поверхні упаковки під дією вакууму. Недоліком конструкції є швидке зношення фільтра в разі наявності на упаковках пилу або мікрочастинок матеріалу. Другий варіант передбачає застосування струменевих присмоктувачів. Особливістю конструкції таких елементів є спосіб утворення вакууму, який не потребує ежекторів, а забезпечується конструкцією самого присмоктувача.

Наразі ринок струменевих присмоктувачів знаходиться в активному розвитку і основним завданням для конструкторів є розробка нових конструкцій присмоктувачів із малими витратами повітря.

Як і для більшості захоплювальних пристроїв, для вакуумних і струменевих основним недоліком є небезпека відриву упаковок від присмоктувачів у процесі їх переміщення.

1.5.2.3. Огляд та аналіз конструкцій комбінованих захоплювальних пристроїв

Для забезпечення цілісності м'якої та напівжорсткої упаковки під час пакування найбільш перспективними є комбіновані захоплювальні пристрої.

Комбіновані захоплювальні пристрої утримують об'єкт за рахунок використання в конструкції двох і більше видів захоплювальних елементів,

які працюють одночасно. Залежно від форми та матеріалу споживчих упаковок комбіновані захоплювальні пристрої можна класифікувати за наступними ознаками: за типом передавального механізму – механічно-вакуумні, магнітно-вакуумні, магнітно-механічні; за типом та формою утримувальних елементів – плоскими і фігурними кулачками (губками); за типом руху кулачків – із зворотно-поступальним і коливальним переміщенням; за конструкцією затискних механізмів, що використовуються в захоплювальних пристроях безпосередньо для утримання захоплених об'єктів – важільно-вакуумні, важільно-магнітні, рейково-важільно-вакуумні, кулісно-вакуумні; за типом привода – пневматичні, гідравлічні, та електромеханічні.

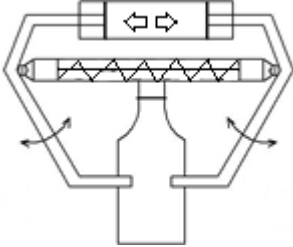
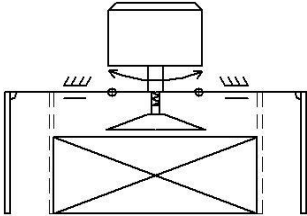
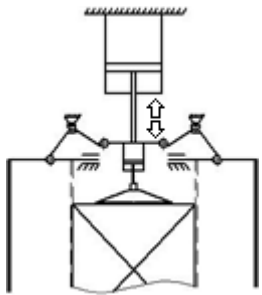
Класифікація комбінованих захоплювальних пристроїв наведена в таблиці 1.17.

Перша група пристроїв забезпечує утримання упаковок за рахунок поєднання зусилля від механічного та магнітного утримувальних елементів. Захоплювальні пристрої такого типу використовують для переміщення металевих упаковок або упаковок, які частково складаються з феромагнітних включень. У конструкції таких пристроїв використовуються важелі зі знімними стулками та магнітні плити. Механічно-магнітні захоплювальні пристрої в харчовій промисловості використовуються рідко. Основною причиною є обмежене використання металевих упаковок, які мають феромагнітні властивості.

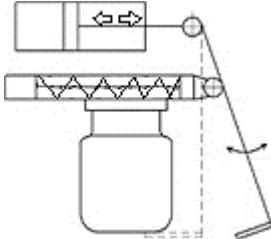
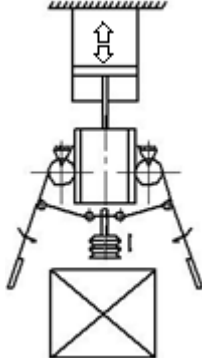
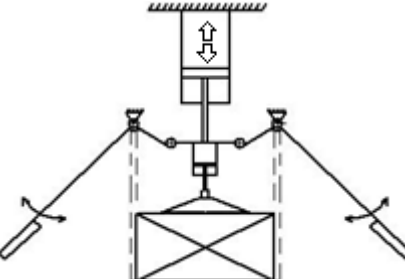
Друга група пристроїв забезпечує утримування упаковок шляхом поєднання механічних і вакуумних елементів. Застосування таких комбінованих захоплювальних пристроїв дає можливість забезпечити надійне захоплювання та утримування упаковок шляхом збільшення сили утримування за рахунок комбінації сили тертя та вакууму, що дає можливість працювати з виробами значної маси та покращується надійність утримування упаковки.

Класифікація комбінованих пристроїв захоплення

Таблиця 1.17

Тип руху ступок	Наявність приводу	Кількість приводів	Конструкція затискного механізму	Кількість рухомих ступок	Схема захоплювального пристрою
Зворотно-поступальний	Приводний	1	Важільно-магнітний зі знімними губками круглої форми	2	
Зворотно-поступальний	Приводний	1	Важільно-вакуумний зі знімними губками	2	
Зворотно-поступальний	Приводний	2	Важільно-вакуумний зі знімними губками	2	

Продовження таблиці 1.17

Коливальний	Приводний	1	Важільно-магнітний з накладними губками та підтримуючим елементом	1	
Коливальний	Приводний	1	Рейково-важільно-вакуумний зі знімними губками	2	
Коливальний	Приводний	2	Важільно-вакуумний зі знімними губками	2	

Серед комбінованих механічно-вакуумних захоплювальних пристроїв широко використовуються конструкції двох груп. У конструкціях першої групи використовується лише один привод. Схема такого захоплювального пристрою наведена на рис. 1.78.

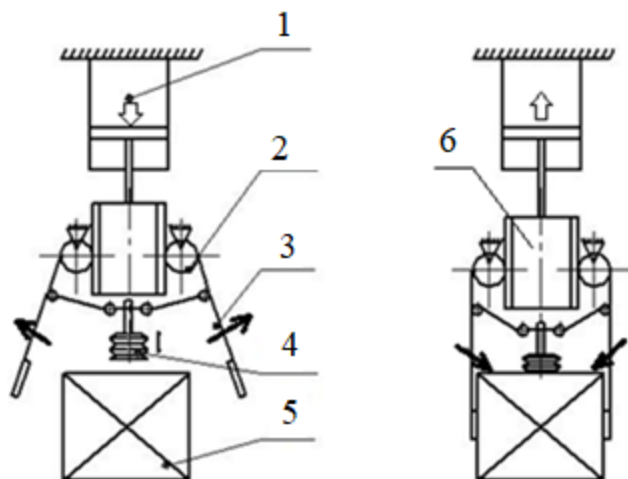


Рис. 1.78. Схема комбінованого захоплювального пристрою механічно-вакуумного типу з коливальним рухом стулок: 1- пневмоциліндр; 2- циліндричні колеса; 3- стулки; 4 – вакуумний елемент; 5 – упаковка; 6 – зубчата рейка; а- початкове положення пристрою; б - пристрій в момент захоплення упаковки

Конструкція пристрою складається з корпусу, до якого шарнірно кріпиться рейка 6 зі знімними стулками 3 та вакуумний елемент у вигляді присмоктувача 4. Привод такого пристрою – це пневмоциліндр двосторонньої дії. Під час подачі повітря в пневмоциліндр штоком переміщуються важелі, які забезпечують коливальний рух стулок 3 до упаковки 5. Одночасно при цьому вакуумний захоплювальний елемент 4 опускається до торця упаковки, де відбувається захоплення. Після перенесення упаковок у задану позицію на пневмоциліндр двосторонньої дії 1 поступає сигнал розвантаження, шток втягується, вимикається вакуум, упаковка відпускається.

Друга група пристроїв характеризується використанням двох і більше приводів, перший з яких забезпечує переміщення стулок, а другий – вакуумного захоплювального елемента. Сьогодні виробникам пакувального обладнання пропонується велика номенклатура таких комбінованих

захоплювальних пристроїв у двох модифікаціях: із зворотно-поступальним та коливальним рухами стулок (рис. 1.79).

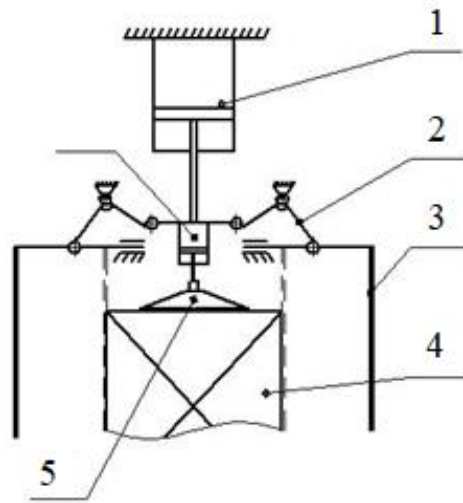


Рис. 1.79. Схема комбінованого захоплювального пристрою механічно-вакуумного типу зі зворотно-поступальним рухом стулок: 1- пневмоциліндр; 2- важелі; 3- стулки; 4- упаковка; 5- вакуумний елемент

У конструкції такого захоплювального пристрою використовуються шарнірно закріплені важелі 2 та вакуумний елемент 5. У таких конструкціях використовується пневмопривод, який складається з двох робочих органів – пневмоциліндрів 1 та 6. До штоку пневмоциліндра 1 закріплені важелі 2, переміщення яких призводить до зворотно - поступального руху стулок 3, а переміщення штоку пневмоциліндра 6 - до опускання або піднімання вакуумного елемента 5.

В особливу групу комбінованих захоплювальних пристроїв можна виділити конструкції, де на кінцях стулок встановлено додаткові підтримувальні елементи, які забезпечують більш надійне утримування об'єкта. За конструкцією підтримувальні елементи бувають плоского та профільного типу з приводом та без нього.

Найбільш перспективним напрямком щодо розроблення нових захоплювальних пристроїв є розвиток конструкцій пристроїв комбінованого типу.

1.5.2.4. Огляд та аналіз конструкцій магнітних захоплювальних пристроїв

Як у вітчизняній, так і в закордонній практиці магнітні захоплювальні пристрої не знайшли широкого застосування. Обґрунтувати це можна тим, що лише 6-9% усіх пакувальних матеріалів споживчої упаковки або тари є феромагнітними. Однак у порівнянні з механічними захоплювальними пристроями магнітні мають ряд суттєвих переваг: малий час захоплювання та вивантаження упаковок; простота конструкції; надійність; за наявності сучасних засобів автоматизації легко піддаються автоматизації. Переважно в таких захоплювальних пристроях застосовуються магнітні сили, що створюються постійними або електричними магнітами. Традиційно використовуються два типи постійних магнітів: литі та керамічні. Литі магніти виготовляють із магнітотвердих матеріалів на основі алюмінію, нікелю, кобальту й заліза. Керамічні магніти виготовляються з металокерамічних матеріалів методом порошкової металургії. У литих магнітів довжина магніту обумовлена залишковою магнітною індукцією, а товщина завжди більша. У керамічних магнітів довжина магніту завжди менша висоти. Керамічні магніти мають ряд переваг порівняно з литими: більш висока коерцитивна сила; менша вартість; стійкість до факторів розмагнічування; менший вплив намагнічування на захоплювальні упаковки. За способом звільнення упаковок від магнітного захоплювального пристрою з постійним магнітом розрізняють механічний, електроімпульсний та рухомий блоки. У блоках із механічним зусиллям звільнення виконується умова, за якої зусилля зсуву магніту в 2-4 рази менше зусилля відриву. Схема магнітного захоплювального пристрою з рухомих блоком наведено на рис 1.80. Положення захоплювального елемента, за якого феромагнітний вантаж притягується, наведено на рис. 1.80, а.

У цьому положенні магніти 1 рухомого блоку 2 розташовані під полюсами нерухомого блоку 3. Магнітний потік, що виходить із полюсів 4 нерухомого

магніту, обгинає немагнітні вставки 5 і замикається через корпус 6 і вантаж 7. У положенні «вимкнено» магніти рухомого блоку розміщені навироток до магнітів нерухомого блоку (рис. 1.80, б) і магнітний потік замикається через рухому плиту, що сприяє звільненню вантажу 7 від магніту. Переміщення рухомого блоку в положення «вимкнено» відбувається за рахунок зусилля пружини 8, а в положення «увімкнено» — під дією тягового магніту 9.

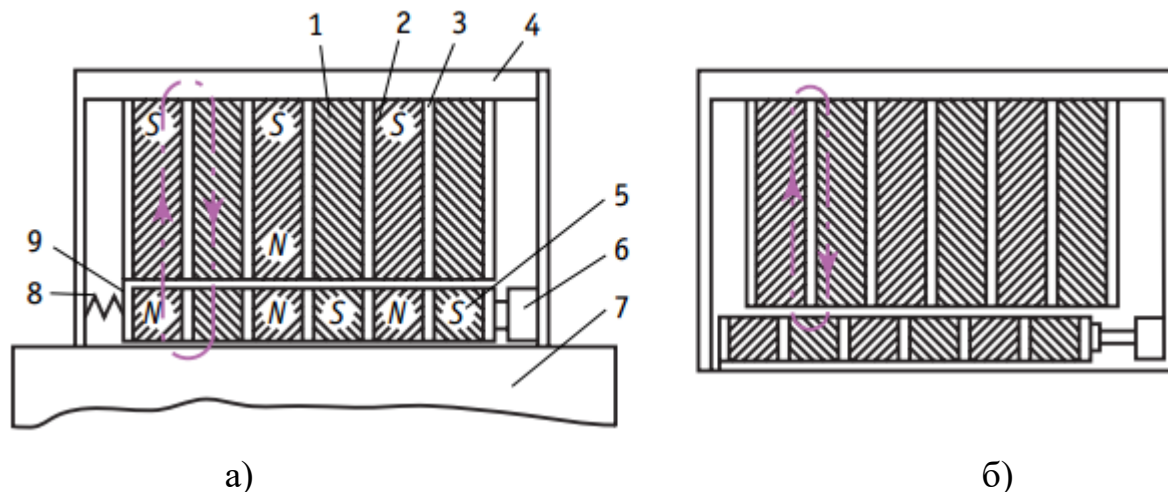


Рис. 1.80. Конструкція магнітного захоплювального пристрою з постійним магнітом: стан «увімкнено» (а); стан «вимкнено» (б)

У разі використання електроімпульсного керування через електричну котушку, усередині якої міститься постійний магніт, пропускається протягом короткого часу (десяті частки секунди) постійний електричний струм, що призводить до намагнічування магніту до повного магнітного насичення. Таке намагнічування зберігається після вимкнення електричного струму. Для розмагнічування захоплювальних елементів через котушку пропускають електричний струм полярності, що чергується з амплітудою, та загасає протягом 5–10 с. До недоліків цього типу захоплювального пристрою доречно віднести дещо складну конструкцію електронної системи керування процесами намагнічування й розмагнічування.

Іншу конструкцію мають електромагнітні захоплювальні пристрої. Сьогодні промисловість виготовляє вантажопідйомні електромагніти круглої форми (серії М) і електромагніти прямокутної форми (серії ПМ). Живлення

електромагнітів серії М і ПМ здійснюється постійним струмом з напругою 220 В. Електромагніти розраховані на повторно короточасний режим роботи із $P_B = 50 \%$. Для запобігання падінню вантажів у результаті випадкового відключення електроенергії застосовують різні конструктивні виконання запобіжних пристроїв.

Такі запобіжні пристрої можуть бути виконані не тільки для одного вантажу, але й для ряду та шару вантажів. Із підвищенням температури навколишнього середовища насичення намагніченості таких матеріалів різко падає.

Вибір дроту обмотки для електромагніту захоплювального пристрою здійснюється з урахуванням допустимої сили струму й умов навколишнього середовища (температура, вологість, частота включень, динамічні навантаження). У реальних умовах магнітний ланцюг вантажу змінюється за рахунок зміни матеріалу і товщини стінок упаковки або тари, різного розміщення феромагнітних матеріалів, наявності повітряних зазорів тощо. Встановлено, що конструкція електромагнітного захоплювального пристрою може компенсувати зміну параметрів магнітного ланцюга вантажу за рахунок кількох електромагнітів у складі захоплювального елемента. Традиційно на траверсі таких захоплювальних пристроїв монтують в середньому 6–9 електромагнітів. Послідовність їх включення залежить від форми та конфігурації захоплювального вантажу.

Під час конструювання електромагнітних захоплювальних пристроїв потрібно враховувати, що сила притягання вантажу до вантажонесучих магнітів повинна бути більшою за вагу вантажу та сумарного опору його переміщення. У загальному випадку силу притягування електромагнітом можна визначити за формулою:

$$F_{np} = k \frac{(I_0)^2}{2\mu_0 S_M R_M},$$

де I_0 — магніторушійна сила (добуток сили струму в котушці на число витків

обмотки); R_M — сумарний опір магнітного ланцюга; S_M — площа поперечного перерізу осердя магніту; μ_0 — магнітна стала; k — коефіцієнт, що враховує можливе відхилення геометричних параметрів вантажу, повітряний зазор і коливання напруги живильної електромережі. Загальний опір магнітного ланцюга захоплювального пристрою визначають:

$$R_M = R_{MO} + R_{MB} + R_{MP},$$

де R_{MO} — магнітний опір осердя; R_{MB} — магнітний опір вантажу; R_{MP} — магнітний опір повітряного зазору.

Експериментально встановлено, що R_{MB} становить 70–90 % від загального опору магнітопроводу. Зважаючи на те, що сила утримування вантажів залежить від конструкції магніту і магніторушійної сили, яку можна у відповідних межах змінювати, доречно вважати, що електромагнітні захоплювальні пристрої порівняно з постійними магнітами є більш універсальними і гнучкими щодо переналагодження. До основних їх переваг можна віднести: високу швидкість захоплювання і звільнення вантажу; відносно малі габаритні розміри; простоту конструкції і підвищену надійність у роботі.

Подальший розвиток та впровадження магнітних захоплювальних пристроїв у пакувальному обладнанні суттєво залежить від застосування сучасних інноваційних матеріалів для їх виготовлення, які дають можливість реалізувати енергоощадні режими роботи під час їх експлуатації.

1.5.3. Аналіз конструкцій приводів у функціональних модулях пакувального обладнання

Основними факторами, що визначають вибір типу приводу у модулях пакувального обладнання, є схема технологічних операцій пакування, продуктивність, вантажопідйомність, вплив динамічних характеристик на конструкцію тощо. Незалежно від виду приводу до нього пред'являються такі вимоги [25- 28]: мінімальні габаритні розміри і високі енергетичні показники; можливість роботи в режимі автоматичного керування з реалізацією руху за

мінімальний час перехідних процесів; забезпечення достатньо великої швидкодії з малою похибкою позиціонування; незначна маса елементів приводу при високому ККД всієї конструкції; забезпечення високого рівня техніки безпеки шляхом швидкої зупинки та збереження положень виконавчих механізмів за командою «Стоп»; надійність елементів конструкції; конструкція має забезпечувати зручність монтажу, обслуговування, ремонту і переналагодження.

Функціональні модулі пакувального обладнання облаштовані електричним, пневматичним та гідравлічним приводами.

До складу електроприводу входять підсилювачі потужності, електродвигуни, виконавчі механізми, датчики зворотного зв'язку. У таких приводах використовуються крокові або серводвигуни постійного та змінного струму. Зв'язок двигунів із виконавчими ланками здійснюється через комбіновані редуктори. Приклад конструкції електроприводу для забезпечення поступального руху робочого органу наведено на рис. 1.81.

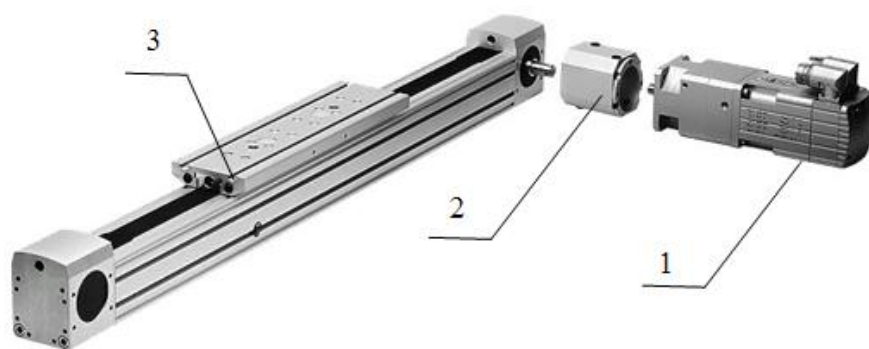


Рис. 1.81. Електропривод із передаточним механізмом для забезпечення поступального руху: 1 – серводвигун; 2 – муфта; 3 – «ось»

Історично склалося так, що перші приводи, що дістали назву слідкуючі (80-ті роки минулого сторіччя), розвивались на базі електроприводів з використанням, головним чином, сервосистем. За принципом керування електродвигуном всі існуючі конструкції слідкуючих електроприводів можна поділити на три групи: частотні, крокові та серво. Така послідовність

відображає еволюцію розвитку слідкуючих електроприводів. Порівняльна характеристика крокових і сервоприводів наведена в табл.1.18.

Таблиця 1.18

Порівняльна характеристика крокових і сервоприводів

Характеристика	Кроковий	Сервопривод
Мах частота	1000 об/хв	більше 4000 об/хв
Момент на валу	змінний	постійний
Рух вала	з пульсацією ($0,72^\circ$ / крок)	плавно і без зупинки
Діагностика роботи	не діагностується	повна діагностика та захист

Під терміном слідкуючий привод розуміють привод із системою керування, в якій є зворотний зв'язок [29- 35]. Саме наявність у системі керування зворотних зв'язків робить сервоприводи широко функціональними пристроями, які здатні забезпечити високу точність реалізації заданих параметрів руху та позиціонування.

У таких системах можуть використовуватись високомоментні синхронні та асинхронні електродвигуни. При цьому конструкції цих двигунів забезпечують малий момент інерції, низьке значення ковзання та високий ККД. Перевагою використання синхронних двигунів у сервоприводах є реалізація досить точного повороту вала на заданий кут, який вимірюється з точністю до кутових хвилин, відтворення законів зміни швидкості та прискорення за оптимальний проміжок часу. Основним недоліком такої системи є її вартість, яка в рази дорожча сервосистем з асинхронними двигунами. Асинхронний двигун у системі сервопривода має менше переваг, однак здатен із високою точністю реалізувати закони зміни швидкості в межах великого діапазону обертів вала. Особливістю конструкції електропривода є наявність пристрою перетворення обертального руху вала електродвигуна в поступальний рух робочого органу. Сучасні конструкції таких пристроїв виробники називають «осьми» рис. 1.82 та рис. 1.83 [36- 38].

«Ось» - це профільний корпус 1, у верхній частині якого закріплена

напрямна рейка 2. Рейка служить для утримання спеціальної каретки 3 та надає їй можливість виконувати зворотно-поступальний рух. Для передачі крутного моменту від електродвигуна до каретки використовують різні конструкції передаточних пристроїв. Залежно від конструкції передаточних пристроїв осі умовно поділяють на дві групи. До першої групи відносять осі, в яких передаточними пристроями використовують зубчато-пасові передачі 4 (рис. 1.82). Основною перевагою такої осі є можливість реалізації лінійного переміщення каретки з великими швидкостями.

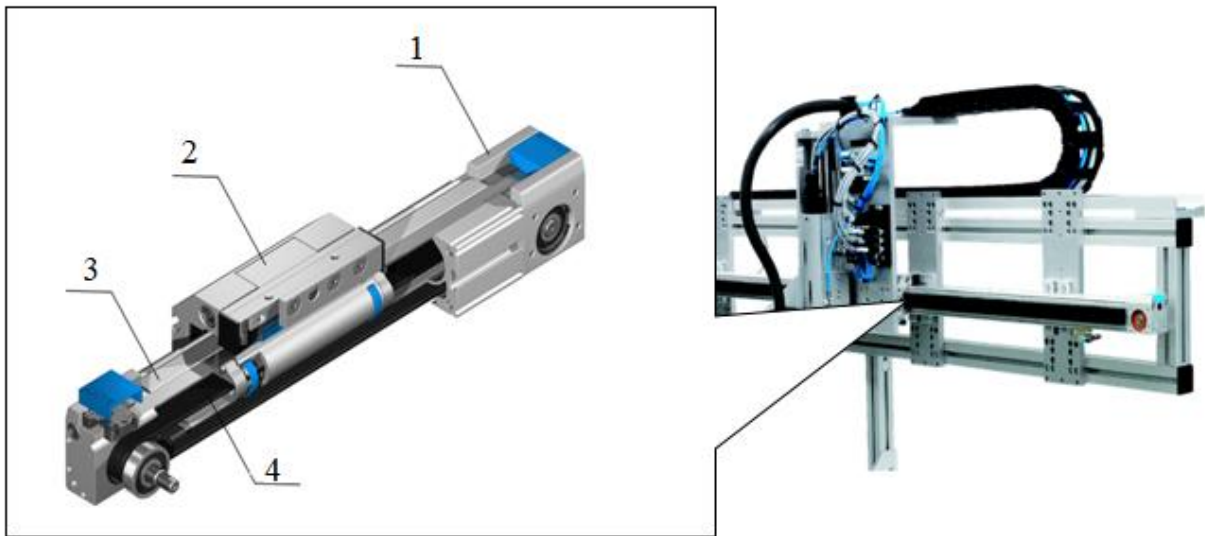


Рис. 1.82. «Ось» із зубчато - пасовою передачею: 1 – корпус, 2 – напрямна, 3 – каретка, 4 – зубчато-пасова передача

У другій групі перетворення обертального руху вала двигуна в поступальний рух каретки відбувається за допомогою передачі «гвинт-гайка» (рис. 1.83, а). Для зменшення сил тертя в передаточному механізмі між гвинтом та гайкою додатково можуть використовуватись елементи підшипників кочення (рис 1.83, б). Такі осі забезпечують високу точність позиціонування каретки та малі динамічні навантаження під час її переміщення.

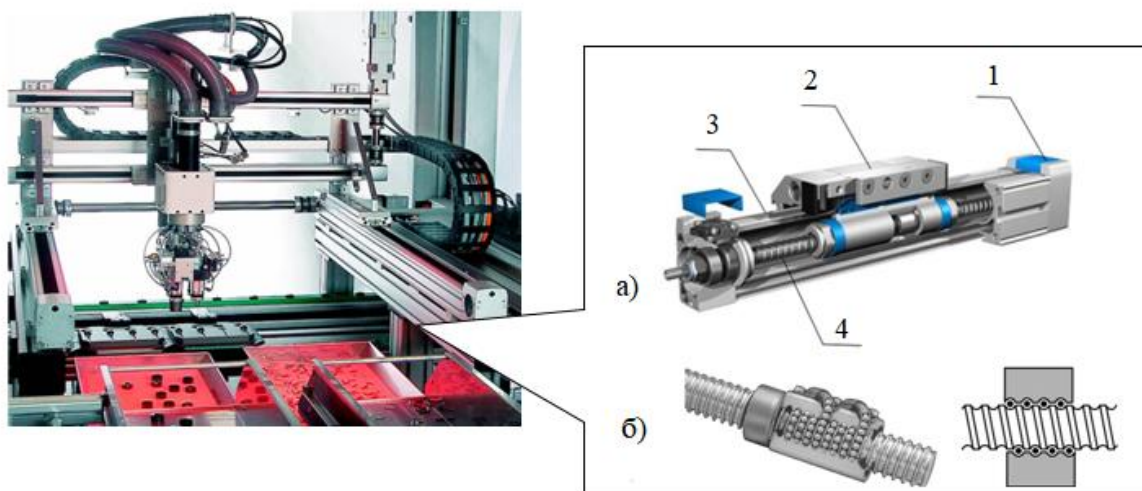


Рис. 1.83. «Ось» з передачею «гвинт-гайка» а): 1 – корпус; 2 – напрямна; 3 – каретка; 4 – передача «гвинт-гайка»; б) конструкція з елементами підшипників кочення

Порівняльна характеристика осей з різними передаточними пристроями наведена в таблиці 1.19.

Останнім часом для реалізації зворотно поступального руху робочих органів за допомогою електроприводу все частіше використовують лінійні асинхронні двигуни, скорочено ЛАД [26]. Конструкція лінійних двигунів відома давно, але з відкриттям нових технологій та матеріалів використання лінійних двигунів стало знову актуальним питанням. Лінійний двигун є електричною машиною, принцип роботи якої базується на використанні енергії руху магнітного поля рис.1.84.

Таблиця 1.19.

Порівняльна характеристика осей з різними передаточними пристроями

Параметри	Зубчато – пасова передача			Передача «гвинт-гайка»		
	300	1000	2000	300	1000	2000
Навантаження, Н	300	1000	2000	300	1000	2000
Динаміка, м/с ²	0,5	3	>5	0,5	3	>5
Хід, м	2	5	10	2	5	10
Точність, мкм	100	50	<20	100	50	<20

Якщо обмотки статора 1 лінійного двигуна підключити до мережі змінного струму, то утворюється магнітне поле, вісь якого буде переміщатися

вздовж повітряного зазору зі швидкістю, пропорційною частоті напруги живлення і довжині полюсного поділу. Магнітне поле, що переміщується уздовж зазору, перетинає провідники обмотки ротора 2 і індукує в них ЕРС, під дією якої по обмотці почнуть протікати струми. Взаємодія струмів з магнітним полем призведе до появи сили, що діє за відомим правилом Ленца в напрямку переміщення магнітного поля. Ротор 2 під дією такої сили почне рухатися з деяким відставанням (ковзанням) від магнітного поля.

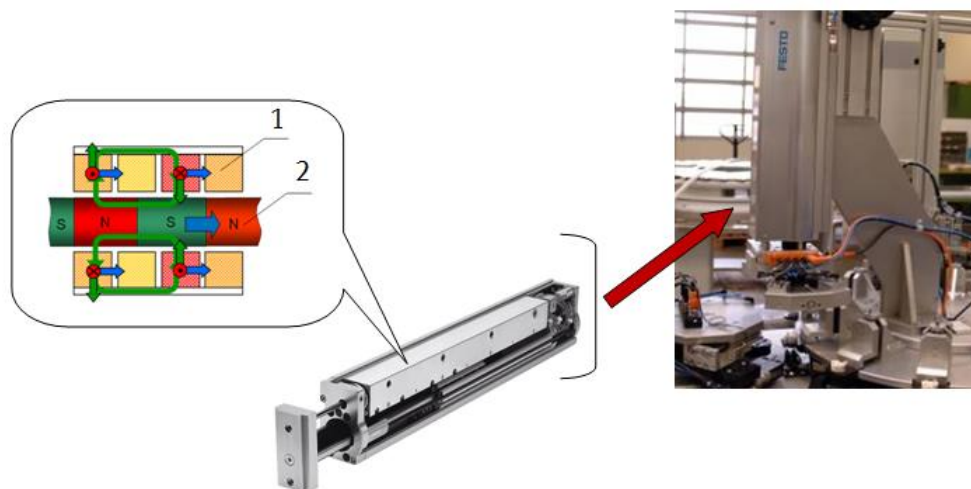


Рис. 1.84. Конструкція та принцип роботи лінійного двигуна в пакувальному обладнанні

Безперечно, використання лінійних двигунів у функціональних модулях пакувального обладнання є перспективним напрямком простого способу реалізації поступального руху робочих органів (рис. 1.85). Такий привод за наявності спеціальної схеми керування може забезпечувати реалізацію заданого закону руху з можливістю зупинки в проміжних точках ходу.

Для реалізації великих силових характеристик у модулях використовується гідропривод. Основним елементом схеми є лінійні гідроциліндри з поступальним рухом штока, поворотні гідродвигуни з обмеженим кутом повороту вихідного вала та гідромотори.

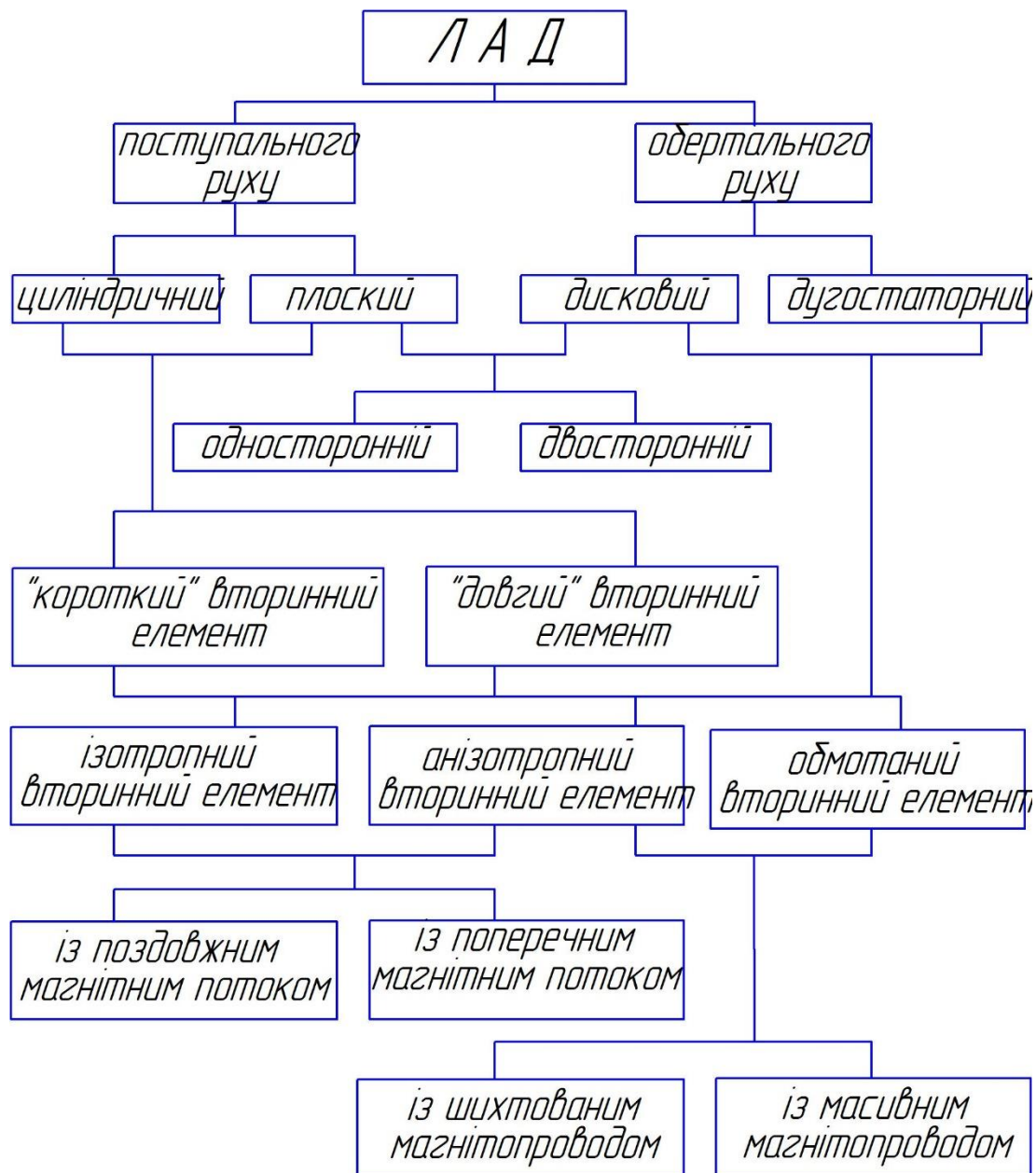


Рис. 1.85. Класифікація лінійних асинхронних двигунів

До переваг гідроприводу можна віднести високу енергоємність, малу інерційність системи, відносно високу жорсткість статичних навантажувальних характеристик за рахунок малого стискання робочих рідин, можливість реалізації автоматичного управління і регулювання швидкості виконавчих механізмів, простоту конструкції, надійність.

До основних недоліків гідроприводу можна віднести обмеження його використання в модулях пакувального обладнання, які знаходяться в першій

та другій гігієнічних зонах контакту з харчовим продуктом. Найбільш часто функціональні модулі з гідравлічним приводом використовуються в робототехнічних комплексах пакувального обладнання на заключних операціях пакування.

Більш широке застосування в конструкціях функціональних модулів пакувального обладнання отримав пневматичний привод [39- 43]. Широке застосування пневматичного приводу обумовлене його технічними перевагами в порівнянні з електро- та гідроприводами: великою швидкістю; відносно простотою конструкцією лінійних пневмоциліндрів і поворотних пневмодвигунів, здатних реалізувати задані рухи без використання складних механічних передач; порівняно легкою реалізацією принципів агрегатно-модульної побудови у широкому діапазоні компоновань механічних систем; надійністю роботи в широкому діапазоні температур тощо. До експлуатаційних переваг пневмоприводу можна віднести: пожежо- і вибухобезпечність; можливість використання простих пристроїв для захисту від перевантажень, вібростійкість; невисоку вартість у порівнянні з іншими видами приводів; можливість компенсації і часткового зберігання енергії; допуск до прямого контакту з харчовими продуктами, що дає можливість активно використовувати його в першій та другій гігієнічних зонах пакувального обладнання.

До недоліків пневмопривода слід віднести низьку питому потужність, що зумовлено обмеженням робочого тиску (не більше 0,8 МПа), а також низьку жорсткість, пов'язану із явищем стискання повітря. Низька жорсткість пневмопривода створює найбільші труднощі під час налагодження пневматичної системи для реалізації нею м'якої безударної зупинки рухомих мас у кінцевих позиціях.

Порівняльну характеристику різних видів приводів наведено в табл.1.20.

Таблиця 1.20

Порівняльна характеристика приводів

Характеристика приводів	Стандарт-на пневматика	Приводи з пасом	Гвинт-гайка ковзання	Гвинт-гайка кочення	Лінійний двигун
1	2	3	4	5	6
Навантаження, Н	до 1000	до 2000	до 1000	до 2000	до 300
Хід, м	до 8,5	до 10	до 2	до 2	до 10
Швидкість, м/с	3	5...10	0,5	3...5	5...10
Прискорення, м/с ²	30	100	30	50	...150
Точність, мкм	100	100	50	20	3
Шум	дуже сильний	сильний	низький	середній	низький
Жорсткість системи	середня	середня	дуже висока	висока	висока
Ціна	1	2* пневматики	2,5* пневматики	3* пневматики	4* пневматик и
Переналаштування	не перепрограмується	перепрограмується	перепрограмується	перепрограмується	перепрограмується

* Ціна приводів вказується з коефіцієнтом в порівнянні з ціною стандартного пневматичного привода

За результатами аналізу варто відмітити перспективність застосування лінійних двигунів, які мають ряд переваг над іншими приводами для лінійного переміщення об'єктів.

Джерелом енергії у схемах вакуумних систем є вакуумний насос і ежектор (рис. 1.86).

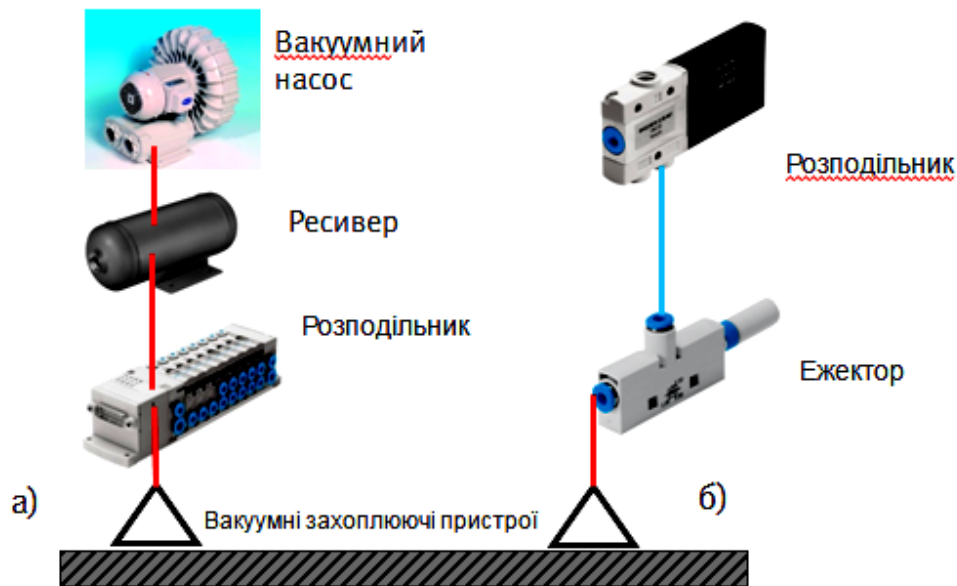


Рис. 1.86. Типові схеми вакуумної системи з живленням від вакуумного насоса (а) та ежектора (б)

Ежектори є простими за конструкцією та дешевими за вартістю елементами для отримання вакууму. Ежектори пропонуються у восьми модифікаціях, які відрізняються діаметром сопла Лавалю: 0,45 / 0,70 / 0,95 / 1,40 / 2,0 / 3,0 / 3,5 / 4 мм. Залежно від міри вакууму ежектори умовно поділяють на дві групи. Перша група забезпечує глибокий вакуум до -0,93 бара з малими його витратами. Такі ежектори застосовують для отримання великих зусиль утримання. Відповідно друга група може реалізувати великі витрати вакууму при середньому значенні його міри. Ежектори цієї групи застосовують у випадку, коли для захоплення та утримання упаковок одночасно використовуються декілька захоплювальних елементів і для їх роботи треба мати великі витрати повітря. Порівняльна характеристика роботи двох груп ежекторів показала, що основною відмінністю їх використання в пакувальному обладнанні є час вакуумування. Під часом вакуумування розуміють час з моменту подачі сигналу на отримання вакууму до моменту отримання його попередньо заданої величини. Робота ежекторів першої та другої груп наведена у вигляді залежності часу як функції величини вакууму рис. 1.87.

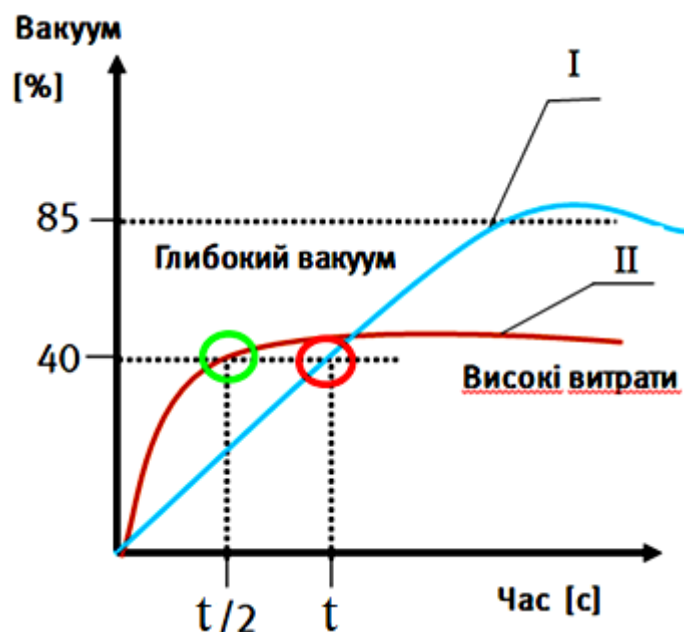


Рис. 1.87. Залежність часу вакуумування ежекторами I та II груп як функції міри вакууму

Із графіка видно, що час вакуумування ежекторів II групи вдвічі менший за час таких же ежекторів I групи. Використання ежекторів із малим часом вакуумування в схемах пакувального обладнання дає можливість суттєво збільшити продуктивність систем захоплювання, що є однією із основних вимог до обладнання. Однак такі схеми будуть мати глибину вакууму на рівні до 60% , а відповідно і зусилля утримання, що є суттєвим обмеженням для граничної ваги упаковок під час їх переміщення. Під час проектування високоефективних захоплювальних пристроїв для пакування доводиться вирішувати задачу поєднання протилежних умов отримання вакууму - малий час вакуумування з одночасним забезпеченням великої глибини вакууму до 95%. Для отримання такого результату пропонується використовувати багатокаскадні ежектори, конструкція яких наведена на рис. 1.88.

Однією із основних проблем, яка виникає під час експлуатації ежекторів, є забезпечення відриву упаковки від захоплювального пристрою після вимикання вакууму. Здебільшого явище «приклеювання» упаковки до захоплювального пристрою утворюється за рахунок дії статичних сил, які виникають внаслідок покриття робочого кільця присмоктувача електрично

зарядженими частинками пилу та бруду. Зусилля відриву упаковки характеризується її масою. Якщо зусилля відриву менше за статичні сили утримування, упаковка залишається прикріпленою до захоплювального пристрою. З метою надійного відриву упаковки від присмоктувача в зоні вивантаження використовуються ежектори, в конструкції яких передбачено функцію скидання. Примусовий відрив упаковок відбувається за рахунок імпульсивної подачі в захоплювальний пристрій стисненого повітря через ежектор. За визначенням пристрій, в корпусі якого крім ежектора вбудовані додаткові елементи керування або контролю, називається вакуумним генератором. Генератори з імпульсною подачею стисненого повітря в зоні вивантаження умовно можна поділити на дві групи: механічні некеровані та електричні керовані.

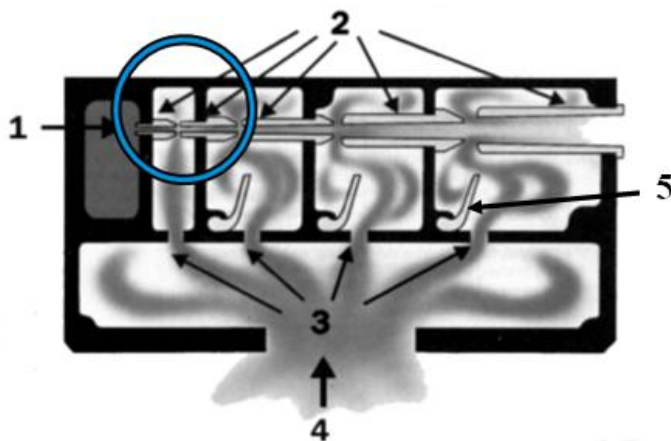


Рис. 1.88. Конструкція багатокаскадного ежектора: 1 – вхідний отвір для подачі стисненого повітря, 2 – ежектори, 3 – робоча камера, 4 – отвір для отримання вакууму, 5 – клапан

Сьогодні на ринку пропонують велику номенклатуру вакуумних генераторів із великою кількістю додаткових технологічних функцій: вмикання та вимикання вакууму та імпульсу для відриву упаковок, додаткове очищення повітря, визначення та контроль глибини вакууму.

До основних недоліків вакуумних генераторів можна віднести великі витрати стисненого повітря, в результаті чого отримують велику собівартість вакууму. Подача вакууму, наприклад, для операції переміщення упаковки захоплювальним пристроєм передбачає подачу стисненого повітря на генератор із моменту виконання операції захоплювання, піднімання, переміщення, опускання до моменту вивантаження упаковки.

До особливої групи конструкцій вакуумних генераторів можна віднести генератори з функцією енергозбереження. Така група є новою і тільки починає активно формуватись. Зміна економічної ситуації поглиблює конкуренцію і вимагає від конструкторів розробляти нові зразки вакуумних генераторів із невеликими витратами повітря. Такі генератори (рис. 1.89) мають електронну систему 1, яка керує ежектором 2 для створення вакууму, систему очистки 4 та слідкування за його параметрами через зворотній зв'язок. Такі системи працюють локально і є абсолютно автономними елементами.

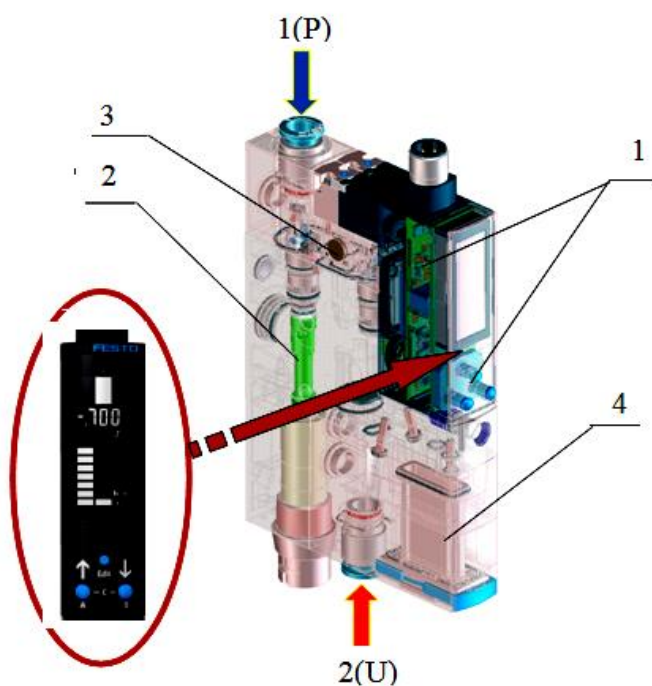


Рис. 1.89. Вакуумний генератор із функцією енергозбереження: 1 - електронна система керування, 2 – ежектор для створення вакууму, 3 - система слідкування за параметрами вакууму через зворотній зв'язок, 4 - система очистки повітря

Робота вакуумного генератора з функцією енергозберігання складається з трьох етапів. Роботу генератора наведено на прикладі переміщення упаковки за допомогою захоплювального пристрою. На першому етапі, коли упаковка знаходиться в зоні захоплення, загальна система керування обладнанням дає команду генератору на вмикання вакууму (точка 1, рис. 1.90). За цією командою електронна система керування генератора відкриває клапан подачі стисненого повітря на ежектор і в зоні отвору 2 починає утворюватись вакуум. Величину вакууму під час роботи контролює датчик тиску і через систему зворотного зв'язку передає сигнал на електронну

систему. Після досягнення попередньо заданого рівня вакууму (точка 2), електронна система керування відключає подачу стисненого повітря на ежектор та перекриває отвір 2, герметизуючи порожнину захоплювального пристрою з захопленою упаковкою від підсмоктування повітря.

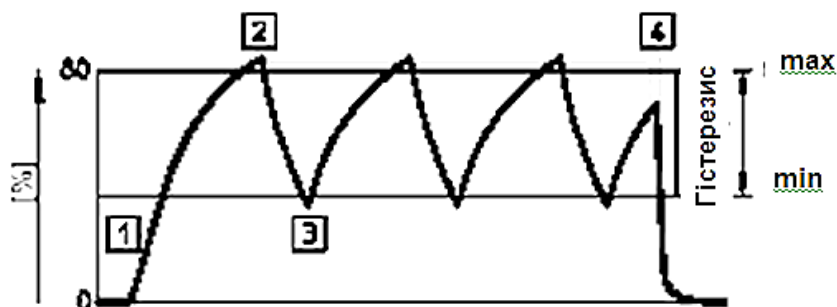


Рис. 1.90. Графік зміни вакууму під час роботи вакуумного генератора з функцією енергозбереження

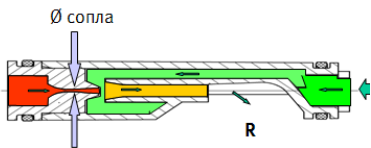
Рівень утвореного вакууму забезпечує задане зусилля утримування упаковки, а електронна система генератора дає команду на виконання наступних технологічних операцій з нею. Генератор переходить до другого етапу роботи. Залежно від виду матеріалу упаковок та ступеню зношення захоплювального пристрою в герметичній порожнині відбувається підсмоктування повітря з навколишнього середовища, що призводить до падіння рівня вакууму. При досягненні мінімального значення вакууму (точка 3, рис. 1.90), яке визначається обмеженням зусилля утримання упаковки, електронна система керування вмикає подачу стисненого повітря на ежектор. Рівень вакууму починає зростати. Другий етап роботи характеризується циклічною роботою генератора, де послідовним повторенням є утримання значення вакууму в заданих межах. Третій етап характеризується завершенням переміщення упаковки в зону вивантаження та її відривом від захоплювального пристрою. Виконання заданої операції відбувається за командою вимкнення вакуумного генератора системою керування обладнанням. За цією командою електронна система керування генератора перекриває подачу стисненого повітря на ежектор, що призводить до падіння рівня вакууму до нуля (точка 4, рис. 1.90). Для забезпечення надійного

виконання операції відриву електронна система подає в отвір 2 імпульс стисненого повітря. Величина імпульсу попередньо задається. Електронна система генератора має п'ять рівнів слідкування, кожен з яких програмується через спеціальну програму або через передню панель генератора, яка виконує функцію візуалізації та діагностики роботи генератора.

Порівняльна характеристика витрат повітря для генераторів з та без функції енергозберігання наведена в табл. 1.21. Для порівняння було вибрано моделі генераторів компанії «Фесто» з діаметрами сопел 0,45 / 0,70 / 0,95 / 1,40 мм при тиску магістралі 6 бар.

Таблиця 1.21

Порівняльна характеристика витрат повітря в вакуумних генераторах

Діаметр вихідного сопла, мм	Витрати повітря в генераторі без функції енергозбереження, л\хв	Витрати повітря в генераторі з функцією енергозбереження, л\хв
	 Тип: VADMI...	 Тип: OVEM...
0,45	12	9
0,7	30	20
0,95	53	28
1,4	100	52

Очевидно, що формування вакууму для пакувального обладнання може бути централізованим та децентралізованим. У випадку централізованої системи використовують вакуумні насоси з великою продуктивністю. Здебільшого застосовують насоси з сухим режимом роботи, які відповідають санітарним вимогам щодо відсутності мастила в вакуумі. Централізована система виробництва вакууму має ряд недоліків, основним серед яких є великі втрати вакууму в системі трубопроводів під час подачі його від насосу до місця споживання.

Більш економною є децентралізована система отримання вакууму за допомогою ежекторів та генераторів. У таких системах спостерігаються

мінімальні втрати, а використання вакуумних генераторів із повним набором додаткових технологічних функцій є оптимальним конструкторським рішенням для задач проектування захоплювальних пристроїв. Порівняльна характеристика технологічних витрат дає можливість стверджувати, що вакуумні генератори з функцією енергозаощадження можуть економити від 20 до 50% енерговитрат, що є суттєвим аргументом для використання їх в пакувальному обладнанні.

1.5.4. Характеристика елементної бази схем керування в пакувальному обладнанні

Сьогодні в пакувальному обладнанні реалізуються два типи схем керування робочих органів функціональних модулів [29- 31].

Перший тип схем забезпечує зупинку робочих органів у крайніх позиціях і вони є класичними. Такий тип не потребує складної системи керування та контролю і є дослідженим. Більш складними та сучасними є другий тип схем, які утворюють слідкуючий привод для забезпечення реалізації переміщення за заданим законом руху з одночасною зупинкою в проміжних точках ходу.

У пневматичній системі керування всі схеми другого типу за принципом роботи елементної бази можна умовно поділити на дві групи. В першій групі реалізація здійснюється за рахунок зміни витрат повітря, що дає можливість забезпечити швидкісні характеристики руху. Основним пневматичним елементом в таких схемах є пропорційний розподільник, рис 1.91. Керування пропорційними розподільниками здійснюють шляхом зміни напруги в межах від 0 до 10 В або сили струму в межах від 4 до 20 мА. За нульову позицію вибирають середину межі керування. Нульовою позицією вважають напругу або струм, коли витрати повітря на виході з розподільника дорівнюють 0. Характеристика пропорційного розподільника з нульовою точкою 5 В наведена на рис. 1.91, б. Зменшення або збільшення напруги відносно нульової точки призводить до пропорційної зміни витрат повітря у вихідних отворах 2 або 4.

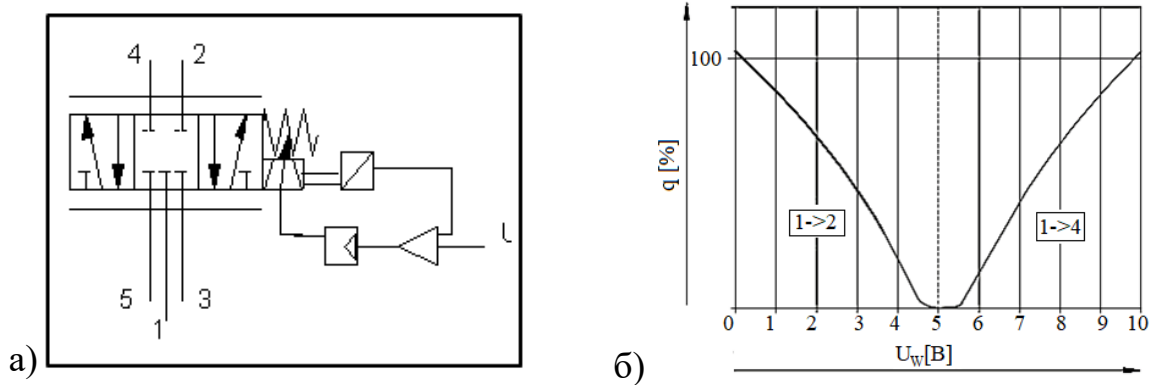


Рис. 1.91. Характеристика пропорційного розподільника: а) схема розподільників; б) залежність коефіцієнта витрат повітря у вихідних отворах розподільника від величини вхідної напруги

У другій групі закон руху забезпечується шляхом зміни тиску повітря, що дає можливість реалізувати силові характеристики приводу. Основним пневматичним елементом у таких схемах є пропорційний регулятор тиску (рис. 1.92). Сучасні моделі пропорційних регуляторів – це автономний елемент з мікропроцесорною системою керування та зворотнім зв'язком у вигляді вбудованих модулів аналогового входу та виходу.

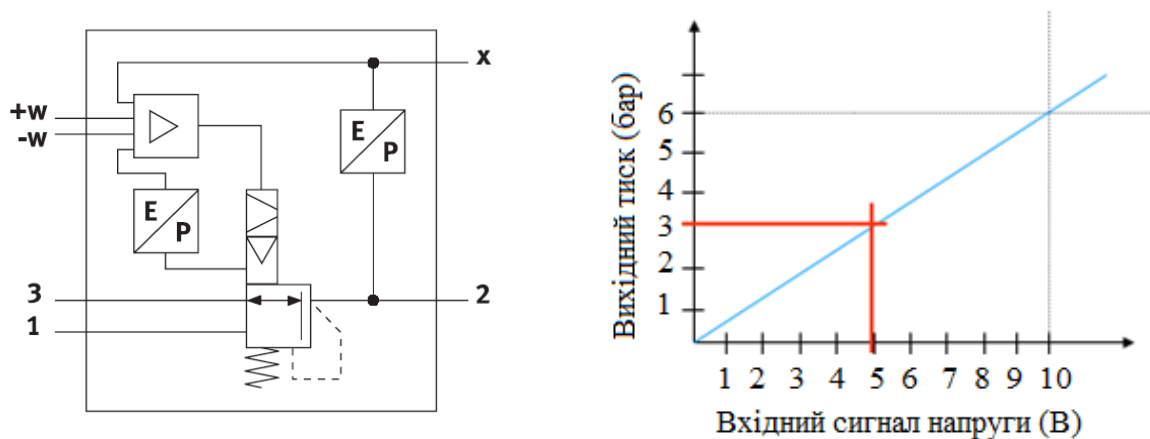


Рис. 1.92. Характеристика роботи пропорційного регулятора тиску: а) схема регулятора тиску; б) залежність тиску витрат повітря у вихідному отворі регулятора від величини вхідної напруги

Порівняльна характеристика моделей пропорційних регуляторів відомих виробників (Festo, SMS, HÖRBIGER, CAMOZZI), що представлені на ринку України, наведена в таблиці 1.22.

Таблиця 1.22

Характеристика моделей пропорційних регуляторів відомих виробників

Компанії		Festo		SMC		Höbiger		Camozzi	
Модель		VPPM	VPPM...C1	ITV2000		Tecno basic		ER100	
Вхідний тиск	[bar]	2 / 6 / 10	2 / 6 / 10	1 / 5 / 9		0,2 / 2 / 8		5 / 9	
Номинальний діаметр	[mm]	6 / 4,5	6 / 4,5	6		2,5		5	
Витрати	[l/min]	380 (2 bar Typ) 900 (6 bar Typ) 1400 (10 bar Typ)	380 (2 bar Typ) 900 (6 bar Typ) 1400 (10 bar Typ)	1500		200		580	
Лінійність	[%FS]	2 (standard) 1% (S1)	2 (standard) 1% (S1)	2 (+/-1%)		0,5		0,6 (+/-0,3)	
Точність	[%FS]	+/-0,5	+/-0,5	1 (+/-0,5%)		0,2		0,3	
Гистерезис		0,5	0,5	0,5		0,2		0,5	
Енергоспоживання	[mA]	200	200	120		15		600	
Дисплей		ні	так	так		ні		так	
Температура повітря	[°C]	0 - 60	0 - 60	0 - 50		0 - 50		5 - 50	
Електричний роз'єм		M12 - 8-polig	M12 - 8-polig	M12 5-polig		M8 3-polig		VGA - Stecker	
Вага	[kg]	0,4	0,4	0,35		0,16		0,25	

Порівняння здійснено за критеріями вхідного тиску, номінального діаметра, величини витрат, точності вихідного сигналу, величини гістерезису та енергоспоживання тощо.

Залежно від величини магістрального тиску регулятори поділяють на шість типорозмірів до: 0.2, 1, 2, 6, 8 та 10 бар з витратами в межах від 200 до 1400 м/хв. Точність вихідного сигналу знаходиться в межах 0,5% від заданого номіналу. Використання нових матеріалів та технологій дало можливість зменшити вплив гістерезису на якість роботи елементів від 0,5 до 0,2. Спостерігається тенденція зменшення показників енергоспоживання регуляторів, яке знаходиться в межах від 600 до 15mA, чим і пояснюється закономірність їх подальшого розвитку як енергозощадливих елементів.

Для визначення перспектив впровадження слідкуючих приводів в пакувальному обладнанні проведено огляд та аналіз конструкцій і технічних характеристик слідкуючих приводів лінійного переміщення (табл.1.23) [35-38].

Таблиця 1.23

Характеристика слідкуючих приводів лінійного переміщення

<i>Фірни виробники / Характеристики</i>	<i>Festo (Німеччина)</i>	<i>LinMot (Швейцарія)</i>	<i>Copley (США)</i>	<i>GHC/NPM (Японія)</i>
Максимальне зусилля, <i>H</i>	136	163...257	46...91,6	40...80
Межа швидкості, <i>м/с</i>	3	1,9...3,2	4,7...5,6	-----
Точність позиціонування, <i>мм</i>	±0,02	±0,05	±0,012	-----
Вимірювальна система зворотного зв'язку	Магніто-імпульсний	Датчик Хола	Датчик Хола	Датчик Хола
Межа прискорення, <i>м/с²</i>	125	-----	4,7...5,6	-----

1.5.5. Характеристика елементної бази схем зворотного зв'язку в функціональних модулях пакувального обладнання

Всі системи автоматичного регулювання руху за способом контролю параметрів та структури зворотних зв'язків можна умовно поділити на три групи. До першої групи належать системи, в яких контроль показників здійснюється по позиції робочого органу або упаковки. Схеми керування по позиції мають три різновиди зворотних зв'язків: по координаті, швидкості або прискоренні. До другої групи належать системи з контролем по зусиллю виконавчого механізму або робочого органу.

У таких схемах керування застосовують зворотні зв'язки з інформацією по тиску, крутному моменту або зусиллю. До третьої групи відносять схеми, в яких контроль відбувається по положенню виконавчого механізму або робочого органу. Системи такого типу потребують зворотних зв'язків по куту повороту робочого органу, відстані до об'єкту або візуальному його положенню.

Під поняттям «зворотний зв'язок» розуміють систему контролю параметрів технологічного процесу в реальному часі з метою впливу на їх зміну.

Аналіз систем зворотного зв'язку показав, що основними елементами в них є датчики. За призначенням датчики поділяють на датчики тиску, витрат, та положення. За видом сигналу датчики бувають дискретні та аналогові. Датчики з дискретним сигналом застосовують в простих системах зворотного зв'язку для визначення кінцевих положень механізмів, наявності об'єктів, контролю рівня. До основного недоліку таких систем відносять відсутність інформації в процесі виконання технологічних операцій.

Більш складна система зворотного зв'язку, яка надає повну інформацію в режимі реального часу, будується з використанням аналогових датчиків. Аналіз систем керування функціональних модулів пакувального обладнання дає можливість визначити широко використовувані типи схем зворотного

зв'язку.

Перший тип схем використовується для контролю положення штоків пневмо-, гідроциліндрів та кареток осей. Основним елементом у таких схемах є геркони, датчики Хола, магнітострикційні та магнітоімпульсні датчики. Для контролю лінійних переміщень найбільш широко використовують датчики Хола та геркони. Геркон – датчик, який реагує на переміщення постійного магнітного поля. Геркони 1 монтуються на корпуси циліндрів 2, на поршнях яких є магнітне кільце 3 (рис. 1.93).

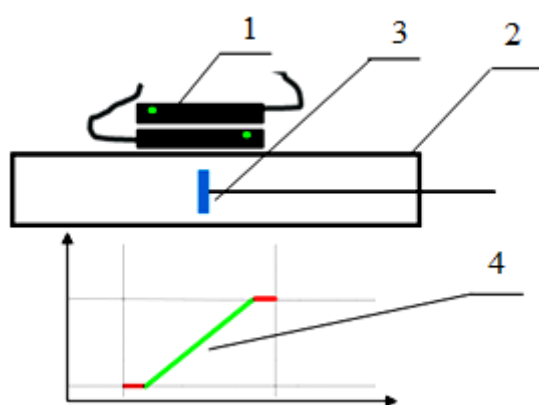


Рис. 1.93. Схема зворотного зв'язку з використанням геркона

Переміщення поршня з кільцем, а відповідно і штоку пневмоциліндра, призводить до зміни положення магнітного поля, що фіксує датчик та передає у вигляді сигналу 4 до електронної схеми керування. У модулях повороту для контролю кута повороту здебільшого використовують магнітоімпульсні датчики.

Контроль зусилля штоків пневмоциліндрів можна забезпечити датчиками тиску (рис. 1.94), що характерно для другого типу схем. Датчик тиску 1 ставиться біля входного отвору циліндра 2, в який подається стиснене повітря, наприклад, від пропорційного регулятора тиску 5 та фіксує його величину з подальшим перетворенням її в електричний сигнал. Утворений електричний сигнал через зворотний зв'язок 3 подається до електронної схеми керування 4, яка визначає величину миттєвого зусилля та зрівнює його значення з заданим і, в разі потреби, вносить корегування.

Третій тип схем зворотного зв'язку використовується для контролю відстані або розмірів упаковок чи тари. Основним елементом у таких схемах є оптичні, індуктивні, ємкісні та ультразвукові датчики.

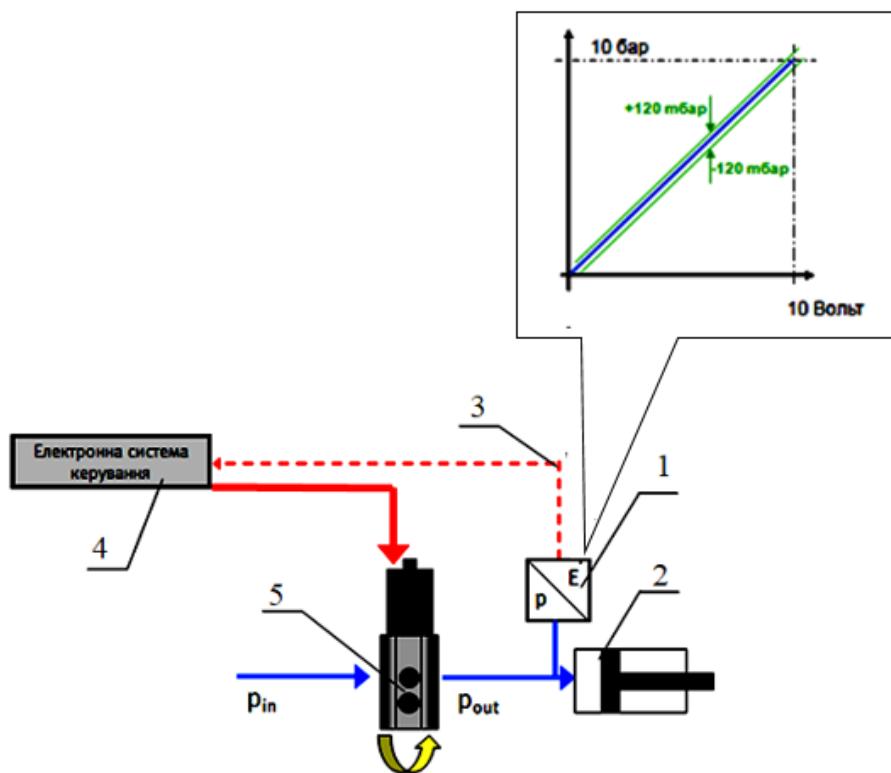


Рис. 1.94 Схема зворотного зв'язку з використанням датчика тиску: 1 – датчик тиску з характеристикою перетворення пневматичного сигналу в електричний, 2 – пневмоциліндр, 3 – зворотний зв'язок, 4 – електронна система керування, 5 – пропорційний регулятор тиску

Третій тип схем зворотного зв'язку використовується для контролю відстані або розмірів упаковок чи тари. Основним елементом у таких схемах є оптичні, індуктивні, ємкісні та ультразвукові датчики.

Широко використовуваними є оптичні датчики. Схема зворотного зв'язку з оптичним датчиком для операції виділення одиничного зразка з магазину упаковок наведено на рис. 1.95.

У процесі виконання технологічних операцій висота магазину упаковок 1 зменшується, що потребує постійної зміни точки зупинки захоплювального пристрою модулем вертикального переміщення 2. Для визначення точки зупинки використовують оптичний датчик 3, який вимірює відстань до об'єкту захоплення та у вигляді електричного сигналу зворотного зв'язку

передає на електронну систему керування 4.

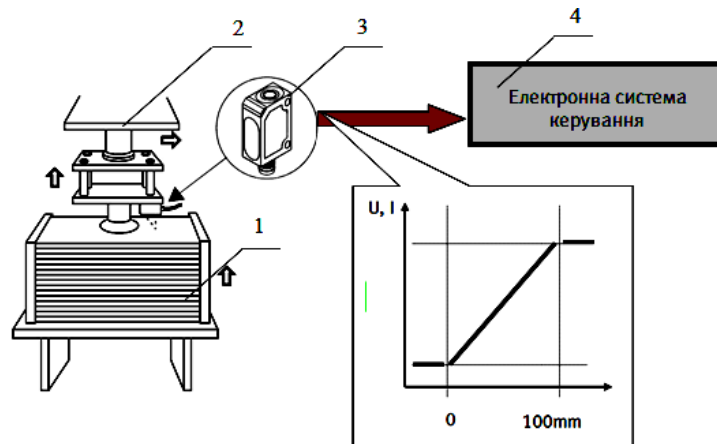


Рис. 1.95. Схема зворотного зв'язку з використанням оптичного датчика: 1 – магазин упаковок, 2 – захоплювальний пристрій з модулем вертикального переміщення, 3 – оптичний датчик, 4 – електронна система керування

Четвертий тип схем зворотного зв'язку використовують для контролю положення об'єктів та їх подальшої орієнтації в технологічному процесі. Основним елементом у таких схемах є спеціальні камери, які виробники називають «технічним зором». Із розвитком телекомунікацій та появи нових шин передачі інформації датчики у вигляді камер все активніше стали застосовувати у системах зворотного зв'язку. Сучасні камери мають можливість визначати не тільки положення об'єктів, але і вимірювати їх розміри, розпізнавати колір та матеріал. Схема зворотного зв'язку із застосуванням «технічного зору» для операції контролю якості печива та визначення його положення на конвеєрі для подальшого формування групової упаковки наведена на рис. 1.96.

Технологічний процес здійснюється за схемою: з конвеєра подачі печива 1 із ділянкою контролю у вигляді камери 2. Стабільність роботи камери залежить від якості та чіткості картинки, що забезпечується постійним зовнішнім освітленням за допомогою спеціального фонаря 3. Картинка 4 обробляється камерою і результат у вигляді цифрового сигналу подається на електронну систему керування 5.

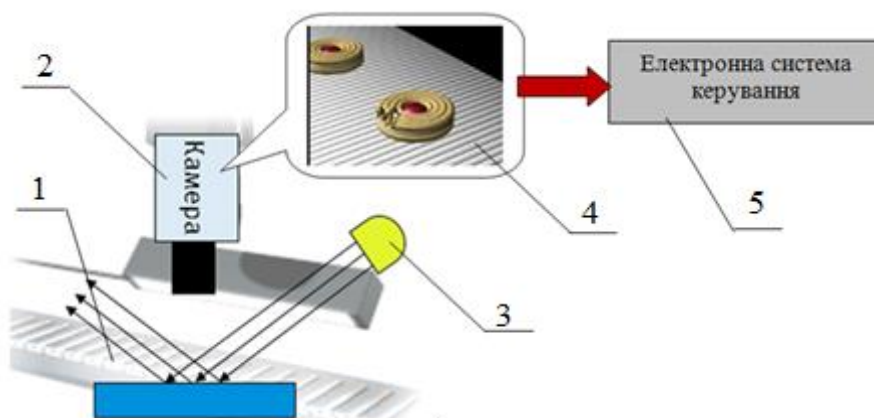


Рис. 1.96. Схема зворотного зв'язку з використанням відеокамер: 1 – конвеєр подачі печива, 2 – камера, 3 – фонарь, 4 – сигнал зворотного зв'язку, 5 – електронна система керування

Перелік виробників камер, які широко застосовуються в пакувальному обладнанні, та їх характеристика наведені в таблиці 1.24. Порівняння здійснюється за наступними критеріями: графічна здатність; час запису; наявність внутрішньої пам'яті; можливість підключення по зовнішньому інтерфейсу.

Таблиця 1.24

Характеристика камер, які використовуються в пакувальному обладнанні

Фірма виробник	Модель камери	Графічне розширення	Час запису
FESTO	SBOC-M-R1B	640 * 170 Pixel	5s-10s
REDLAKE	MotionScope M1	640* 512 Pixel	4s
PHOTRON	FASTCAM Super 10K, Model500	512 * 240 Pixel	2.2s
nac	Hi-Dcam II	1280 * 1024 Pixel	4s
WEINBERGER	SpeedCam MiniVis ECO-1	640 * 512 Pixel	3s
CITUS IMAGING	C10	300 * 100 Pixel	9s

Встановлено, що якість роботи камери залежить від характеристик її оптики, тобто графічного розширення. Широко використовуваними є камери

з розширенням 640×512 пікселів із часом запису біля 5 секунд. Більшість камер потребують спеціального програмного забезпечення оброблення сигналу для електронної системи керування і не можуть використовуватись самостійно.

Тенденція розвитку «технічного зору» передбачає суттєве збільшення показників графічного розширення до 1280×1024 пікселя та появи внутрішньої електронної системи керування, що дасть можливість використовувати камеру як самостійний елемент системи.

Як систему зворотних зв'язків у структурі сервопривода використовують резольвери, синус-косинусні енкодери, інкрементальні енкодери, енкодери з інтерфейсами HIPERFACE, EnDat, BiSS, які розміщують в задній кришці серводвигуна і конструктивно зв'язані з його валом. Застосування енкодерів забезпечує визначення кута повороту об'єктів обертання шляхом генерування послідовного імпульсного цифрового коду.

Більш прогресивною системою зворотного зв'язку вважають резольвери, конструкції яких є більш технічно складними і вимагають додаткових витрат під час експлуатації серводвигунів.

Висновок до розділу

На основі проведеного аналізу компоновочних рішень функціональних модулів у пакувальних машинах, конструкційних рішень робочих органів і вивчення наукових робіт, присвячених дослідженню операцій і механізмів пакувального обладнання можна зробити такі висновки:

- сьогодні ведуться інтенсивні роботи з розробки високоефективного пакувального обладнання; основним критерієм проектування є забезпечення можливості виготовлення будь-якого зразка з широкої номенклатури конструкцій за технічними характеристиками замовника в короткий інтервал часу з малими витратами на його виготовлення;

- проблему розробки нових зразків пакувального обладнання можна вирішити за рахунок його проектування на базі мехатронних модулів;

основною перевагою такого метода побудови обладнання є отримання спеціалізованих комплексів, які відповідають конкретній технологічній задачі, можуть програмно переналоджуватись у межах попередньо заданих характеристик і не мають надлишкових функцій, є більш дешевими в порівнянні з універсальними; такий підхід скорочує час та витрати на проектування та дає можливість зменшувати витрати на його обслуговування та поточний ремонт за рахунок зменшення загальної номенклатури виробів;

— проведений аналіз конструкцій пакувального обладнання дозволяє стверджувати, що для компоновки пакувального обладнання, яке забезпечить швидке переналагодження технологічного процесу з урахуванням зміни конфігурації, розмірів та мас упаковки, використовується обмежена номенклатура модулів, а їх кількість залежить від схеми формування; нові конструкції пакувального обладнання доцільно розробляти на базі модулів лінійного переміщення, підйому та зіштовхування, які є складовими пакувальних комплексів із додатковим набором різнопланових модулів; керування такими комплексами є перспективним за умови впровадження електронних систем зі зворотними зв'язками;

— поява нових пакувальних матеріалів спонукає виробників до розробки нових видів упаковки за формою та дизайном, що створює необхідність в постійному удосконаленні конструкцій захоплювальних пристроїв;

— використання лінійних двигунів та пневмоприводів для реалізації зворотно-поступального руху є оптимальним технічним розв'язком; відсутність додаткових механізмів для реалізації лінійного переміщення дає можливість їм виконувати функції робочих органів, що суттєво зменшує собівартість конструкції; реалізація заданого закону руху можлива в комплексі зі спеціальними відслідковувальними схемами керування, розробленими на елементній базі пропорційної або сервопневматики, що перетворює їх на мехатронні модулі.