

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 621.9.06

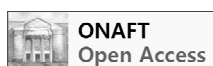
**СИНТЕЗ ПРОСТОРОВИХ ПОТОКОВО-ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ЛІНІЙ
ПАКУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ
SYNTHESIS OF SPATIAL FLOW-TRANSPORT SYSTEMS PACKAGING LINES FOR
FOOD PRODUCTS**

**Гавва О.М., д-р техн. наук, професор, Кривопляс-Володіна Л.О., канд. техн. наук, доцент,
Деренівська А.В., Якимчук М.В., канд. техн. наук, доцент
Токарчук С.В., канд. техн. наук, доцент
Національний університет харчових технологій, м. Київ
Gavva A., Krivoplias-Volodina L., Derenivska A., Yakymchuk N., Tokarchuk S.
National University of Food Technology, Kyiv, Ukraine**

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



На базі потоково-просторових технологічних систем можуть широко вирішуватися питання комплексної автоматизації виробничих процесів виготовлення та упакування різних виробів і виконання прогресивних технологічних процесів. Сучасний розвиток науково-технічного процесу є підґрунтям для нових тенденцій композиції та принципів створення техніки і технологічних систем. Створюються технічні системи з гнучкими автоматизованими комплексами, постійно удосконалюються і створюються функціональні технологічні модулі з якісно новими властивостями і можливостями. Однак, до дійсного часу ще не вивчені питання створення і функціонування автоматичних технологічних комплексних систем безперервної дії для пакувальних процесів. Не виконано аналіз загальних структурно-функціональних параметрів автоматичних технологічних систем безперервної дії для пакувальних процесів зі складною просторовою структурою технологічних елементів. Відсутні загальні принципи компоновки і проектування технологічних систем зі складною просторовою структурою і кінематикою функціонування технологічних елементів. Виходячи з викладеного вище, розробка методів проектування автоматичних технологічних систем безперервної дії для пакувальних процесів є актуальною науковою задачею, і направлена на комплексне рішення задач по створенню автоматичних технологічних систем безперервної дії для пакувальних ліній.

У роботі розглянуто особливості компоновання і проектування потоково-транспортних ліній (ПТЛ) пакувальних операцій, а також запропоновано на останньому етапі схемного розгляду технологічної системи використовувати принципово-структурні моделі. Тому в роботі виконано аналіз і синтез принципово-структурних моделей і розроблена загальна модель побудови ПТЛ.

On the basis of flow-spatial technological systems can greatly decide the question of complex automation of production processes of manufacturing and packaging to various products and implementation of advanced technological processes. Modern development of scientific and technological process is the basis for the new trends of composition and principles of creation equipment and process systems. Created technical systems with a flexible automated complexes, are constantly being improved and created functional process modules with qualitatively new properties and possibilities.

However, to date has not explored the issues of establishment and functioning of the automated complex manufacturing systems, continuous packaging processes. Not the analysis of General structural and functional parameters of automatic technological systems, continuous packaging processes with complex spatial structure of technological elements. There are no common principles of layout and design of technological systems with complex spatial structure and kinematics of the technological elements.

Based on the above, development of methods of designing automatic assembly technological systems of continuous action for the Assembly processes is an important scientific problem, and is aimed at complex solution of tasks on creation of automated technological systems, continuous packaging lines.

The paper discusses the features of layout and design with precisely-transport lines (PTL) packaging operations, as well as proposed at the last step of scheme consideration the technological system to use a fundamentally-structural model. Therefore, the analysis and synthesis of fundamentally-structural model and developed a General model of construction of PTL.

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Ключові слова: компоновка, просторова, структура, пакувальні, лінії, технологічні, системи.

Keywords: layout, space, structure, packing, line, process, system.

В даний час для пакувальної техніки особливо широко застосовується принцип просторової компактності технічних систем. Цей принцип особливо актуальний для створення технологічних систем і, зокрема, для проектування автоматичних технологічних ліній обробки харчових продуктів. Просторово-компактні потоково-транспортні лінії (ПТЛ) обробки харчових продуктів мають більш високі техніко-економічні показники виробництва і відповідають сучасним тенденціям розвитку техніки, кон'юнктури ринку і вирішення питань комплексної автоматизації виробничих процесів. Розглянемо більш детально деякі питання просторової компактності ПТЛ. [1] Забезпечення просторової компактності технологічної системи (підсистеми) ґрунтується на використанні сукупності спеціальних принципів проектування, при яких забезпечуються висока щільність розташування підсистем (елементів) технологічної системи в заданому об'ємі простору, просторова орієнтація (просторове розташування) підсистем (елементів) щодо предмета обробки (рис. 1).

Формулювання проблеми. Аналіз процесу створення та функціонування ПТЛ [1,3] дозволив встановити такі основні принципи їх проектування і функціонування:

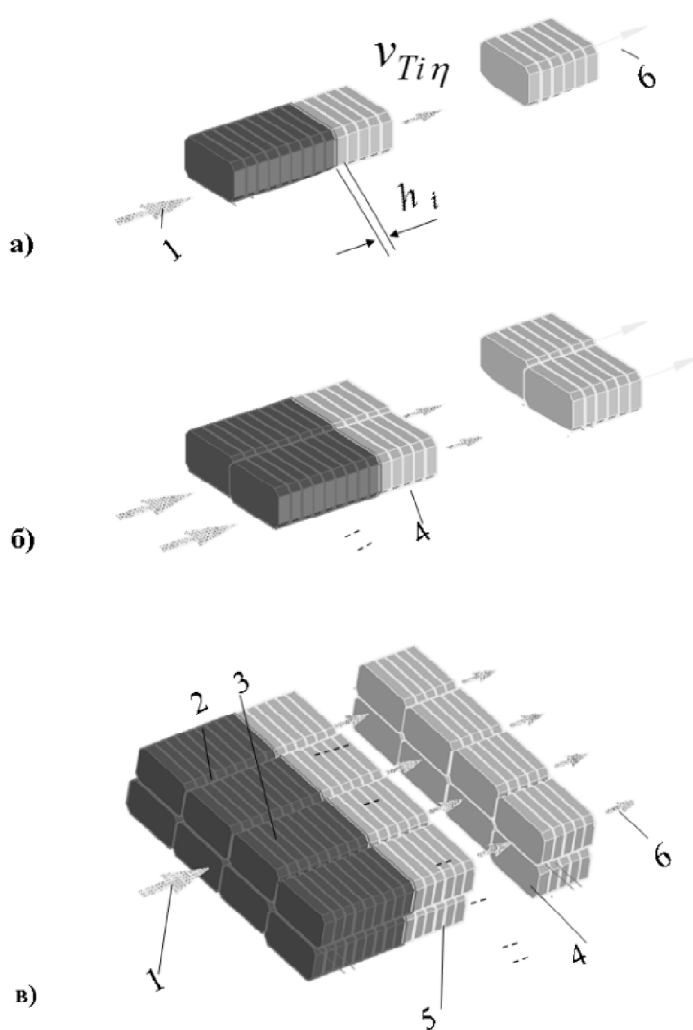


Рис. 1 – Моделі технологічних зон:
а – лінійна (1-D), б – поверхнева (2-D),
в – об'ємна (3-D)

- підвищення потужності концентрації безлічі технологічних елементів (блоків технологічного впливу);

- складання з концентрованої безлічі технологічних елементів спеціальних розмірних груп з підсистемами к-го класу;

- забезпечення упорядкування багатовимірної замкнутої рекурентної структури технологічних елементів за рахунок упорядкування підсистем (к-1) -го класу в кожній підсистемі к-го класу;

- просторової композиції технологічних елементів і переходу від їх лінійно-просторового компонування (1-D компоновка) до поверхнево-просторового компонування (2-D компоновка) і потім до об'ємно-просторового компонування (3-D компоновка);

- просторове компонування структури технологічних елементів: у просторі компактні структури це дає збільшення коефіцієнта використання технологічного простору;

- забезпечення складної кінематичної структури транспортного руху багатовимірної замкнутої структури технологічних елементів;

- забезпечення відповідності (рівності) загального числа елементарних транспортних рухів, кількості класів підсистем складної багатовимірної замкнутої рекурентної структури технологічних елементів;

- забезпечення паралелізму, функціонування підсистем (к-1) -го класу в підсистемах к-го класу складної багатовимірної замкнутої структури технологічних елементів;

- забезпечення послідовного фазового зсуву процесу виконання заданих основних і

допоміжних функцій в підсистемах (к-1) -го класу підсистем к-го класу складної багатовимірної замкнутої структури технологічних елементів;

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

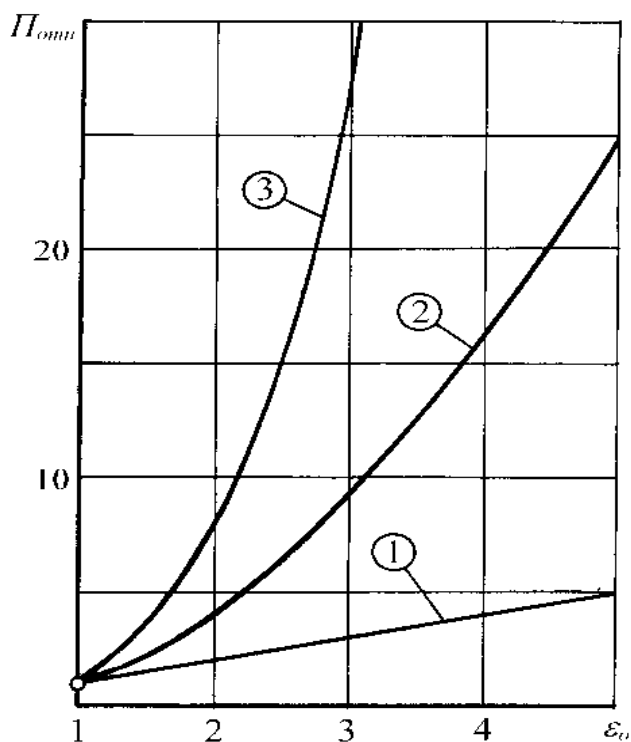


Рис.2 –Залежність продуктивності системи від габаритних розмірів технологічної зони: 1 – лінійна, 2 – поверхнева, 3 – об’ємна

одиничних технологічних зон, 3 - одинична технологічна зона, 4 - виріб (предмет обробки), 5 - просторова технологічна зона, 6 - вихідні потоки виробів. Літерами позначена $v_{Ti\eta}$ - транспортна швидкість виробів і h_i - крок виробів. Теоретична продуктивність технологічних систем з різними видами просторових технологічних зон (рис. 2) визначається за такими залежностями:

- лінійно-просторова технологічна зона (1-D компоновка)

$$\Pi_i^L = \frac{L_i}{T_o h_i} = v_{Ti\eta} P_{Li} = N_{Li} ; \quad (1)$$

- поверхнево-просторова технологічна зона (2-D компоновка)

$$\Pi_i^S = \frac{S_i}{T_o S_{Ei}} = b_{oi} v_{Ti\eta} P_{Si} = b_{oi} N_{Si} ; \quad (2)$$

- об’ємно-просторова технологічна зона (3-D компоновка)

$$\Pi_i^V = \frac{V_i}{T_o V_{Ei}} = s_{oi} v_{Ti\eta} P_{Vi} = s_{oi} N_{Vi} , \quad (3)$$

де $\Pi_i^L, \Pi_i^S, \Pi_i^V$ - теоретична продуктивність технологічної системи з лінійно-просторовою, поверхнево-просторовою, об’ємно-просторовою технологічною зоною відповідно;

L_i, S_i, V_i - довжина, площа, об’єм просторової технологічної зони відповідно;

- забезпечення безперервності функціонування всіх підсистем складної багатовимірної замкнутої структури технологічних елементів системи; - модульність проектування підсистем і всієї технологічної системи;

- реалізація принципів мехатроніки і адаптроніки при створенні нових технологій і технологічних систем.

Можна відзначити, що запропоновані принципи, спільно із відомими принципами проектування технологічних систем, складають основні вихідні положення створення високоефективних технологічних систем нового покоління, які отримали назву ПТС безперервної дії.

Не маючи можливості детально розглянути всі наведені вище принципи, наведемо тільки деякі з цих принципів проектування та функціонування ПТС.

Мета і методи досліджень. Проаналізуємо принцип переходу від лінійно-просторового 1-D компоновання до поверхнево-просторового 2-D компоновання і потім до 3-D компоновання. У кожному конкретному випадку вибирається та чи інша просторова компоновка технологічних елементів. На рис. 1 показані моделі просторових технологічних зон: на рис. 1, а - лінійно-просторова технологічна зона (1-D); на рис. 1, б - поверхнево-просторова технологічна зона (2-D); на рис. 1, в - об’ємно - просторова технологічна зона (3-D - компоновка). Тут позначено: 1 - вхідні потоки виробів, 2 - потік

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

h_i, S_{Ei}, V_{Ei} - довжина (крок), площа, об'єм одиничної технологічної зони відповідно;

T_o - тривалість основного часу технологічного впливу знарядь і засобів обробки на виріб;

b_{oi}, S_{oi} - ширина, площа поперечного перерізу технологічної зони відповідно;

P_{Li}, P_{Si}, P_{Vi} - лінійна, поверхнева, об'ємна густина виробів у відповідних просторових технологічних зонах;

N_{Li}, N_{Si}, N_{Vi} - інтенсивність потоків виробів відповідно для лінійно-просторової, поверхнево-просторової, об'ємно-просторової технологічної зони.

У виразах (1)... (3), густина виробів у відповідних просторових технологічних зонах визначається на підставі наступних виразів:

$$P_{Li} = \frac{1}{h_i}, P_{Si} = \frac{1}{S_{Ei}}, P_{Vi} = \frac{1}{V_{Ei}}. \quad (4)$$

Аналіз виразів (1)... (3) дозволив встановити залежність відносної продуктивності

$$P_{omn} = P_{Ц} / P_{Ц}^B,$$

технологічних модулів з різними просторовими технологічними зонами від їх габаритних відносних розмірів просторової технологічної зони (рис. 2). Виконані дослідження показали, що збільшення габаритних розмірів просторової технологічної зони призводить до збільшення продуктивності технологічних систем за наступними законами: з лінійно-просторовою технологічною зоною (графік 1) - по прямій пропорційній залежності, з поверхнево - просторовою технологічною зоною (графік 2) - по квадратичній залежності, з об'ємно-просторовою зоною; (графік 3) - по кубічній залежності. Таким чином, технологічним системам з поверхнево-просторовими і об'ємно-просторовими технологічними зонами властиві якісно нові, більш високі техніко-економічні показники в порівнянні з технологічними системами з лінійно-просторовими технологічними зонами, що є виконаними на базі роторних і роторно-конвеєрних машин і ліній. Важливим моментом процесу синтезу структури технологічних елементів системи є її організація в просторові компактні структури. При цьому необхідно завжди прагнути до збільшення коефіцієнта використання технологічного простору:

$$K_R = \frac{V_k}{V_{OR}}, \quad (5)$$

де K_R - коефіцієнт використання технологічного простору на R-му рівні;

V_k - обсяг простору, в якому розташовується технологічне обладнання (технологічні елементи);

V_{OR} - загальний обсяг простору, що обмежує функціональну одиницю.

Можна відзначити, що при проектуванні структури технологічної системи необхідно прагнути до підвищення щільності технологічних елементів (блоків технологічного впливу) просторової технологічної зони та інтенсивності їх функціонування. Крім того, при створенні технологічної системи, що складається з n технологічних модулів, необхідно просторово їх компанувати у виробничі осередки (рис. 3) і потім осередки просторово компанувати в автоматизованій системі керування (рис. 4), з можливістю зміни їх просторового розташування. Причому тут також слід вести їх розміщення з розрахунку підвищення щільності технологічних модулів у виробничих осередках і осередків у виробничому цеху. Це дозволяє підвищити коефіцієнт використання простору і середовища. За допомогою просторового компанування ПТЛ пакувальних ліній, можуть широко вирішуватися питання комплексної автоматизації виробничих процесів, виготовлення і обробки різних продуктів і виконання складних технологічних процесів.

На рис. 3 наведено технологічну схему високошвидкісної пакувальної машини для попередньо сформованих продуктів з нижньою подачею до пакувального матеріалу. В компоновці передбачене безпосереднє введення вторинної упаковки в процесі обгортання - ще до контакту з продуктом. Машина дозволяє здійснювати групування окремих продуктів і одночасне обгортання в стік пакети.

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

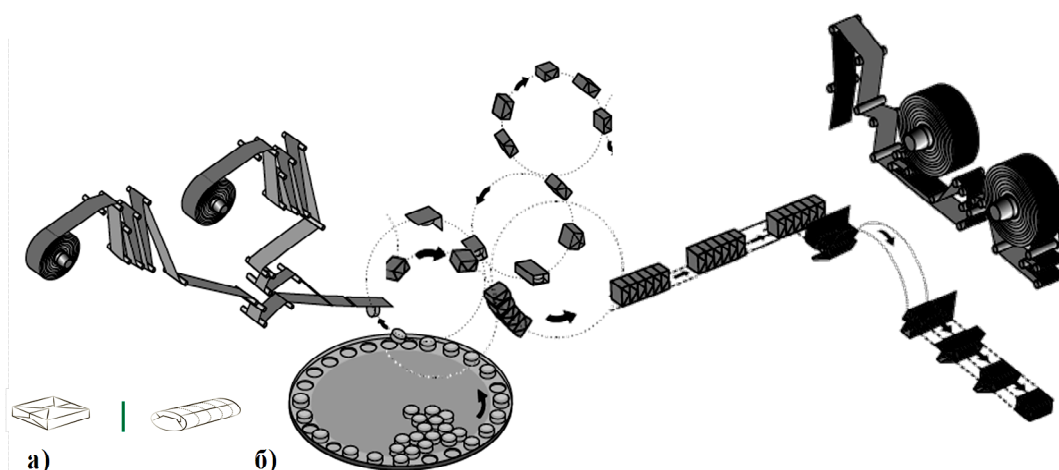


Рис. 3 – Просторова технологічна схема пакувальної лінії для формування штучних і групових упаковок

Продуктивність представленої машини змінна і залежить від типу виробу: цукерки іриски - до 1500 шт / хв (а); групова упаковка - до 300 шт/ хв (б). Забезпечення просторової компоновки технологічної системи рис.3 керуванням потрібно здійснювати підсистемою, яка ґрунтується на використанні сукупності спеціальних принципів проектування, при яких забезпечуються висока щільність розташування підсистем (елементів)

технологічної системи в заданому об'ємі простору, просторова орієнтація (просторове розташування) підсистем (елементів) щодо предмета обробки (рис.3) мінімізація обсягів і габаритних розмірів підсистем (елементів). У цьому випадку, проектування організовується відповідно з функціональним призначенням технологічної системи, законами просторової композиції в техніці, ергономіки, дизайну, автоматизації виробничих процесів і потужності підсистем (елементів). Тобто на проектування просторових компактних технологічних систем накладаються деякі обмеження, пов'язані з особливостями просторового розташування підсистем в технологічній системі, та їх функціональним призначенням (рис.4). [2]

Можна відзначити, що щільність підсистем (елементів) в заданому об'ємі простору визначається як кількість підсистем (елементів технологічної системи в одиниці об'єму простору).

При цьому в процесі створення просторово-компактних технологічних систем необхідно проектувати підсистеми (елементи) з

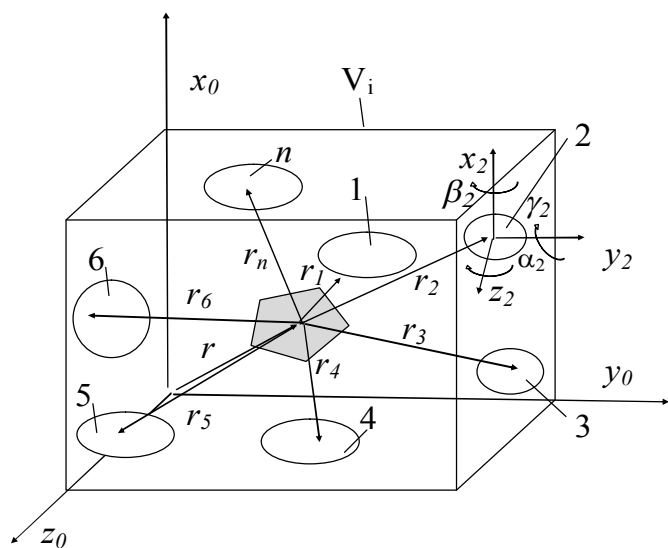


Рис.4 – Схема компоновання технологічної системи (підсистеми) пакувальної машини у заданому об'ємі

мінімальними розмірами і обсягами згідно з вимогами надійності і експлуатації.

На рис.4 показана схема компоновання технологічної системи (підсистеми) в заданому об'ємі простору V_i . На рис.4 показано: 1,2,...,i,...,n - підсистеми (елементи) технологічної системи;

□ - предмет обробки; r_n - радіус-вектор; r_i - радіус-вектор i -ої підсистеми (елемента); α, β, γ - три кути Ейлера i -ої підсистеми (елемента).

Можна відзначити, що орієнтація i -ої підсистеми (елемента) що задається шістьма матрицями перетворення афінного простору у відповідності з функціональним призначенням технологічної системи, законами просторової композиції в техніці, ергономіки, дизайну та автоматизації виробничих процесів. Зробимо арифметичне підсумовування розмірів радіус-векторів для n - підсистем (елементів) технологічної системи, отримаємо вираз:

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

$$R = \sum_{i=1}^n r_i, \quad (6)$$

де R - алгебраїчна сума розмірів радіус-векторів для n - підсистем (елементів технологічної системи).

Просторово-компактна технологічна система може бути створена на підставі рішення наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} P = f_p(F, K, I, D, A, n) \rightarrow \max, \\ R = f_R(F, K, I, D, A, n) \rightarrow \min, \\ V_i = f_{iV}(F, K, I, D, A, n) \rightarrow \min, \\ M_i = f_{iM}(F, K, I, D, A, n) \rightarrow \min, \\ i = 1, 2, \dots, n; \end{cases} \quad (7)$$

P - щільність підсистем (елементів) технологічної системи, організована у відповідності з залежністю f_p вирішення питань функціонального призначення підсистеми (елемента) F , просторової композиції в техніці K , ергономіки I , дизайну D , автоматизації производствних процесів A і потужності n підсистем (елементів);

R - алгебраїчна сума розмірів радіус-векторів, за рахунок просторової орієнтації підсистем (елементів) f_R логічної системи у відповідності із залежністю до рішення у питанні функціонального призначення підсистеми (елемента) F , просторової композиції в техніці K , ергономіки I , дизайну D , A автоматизації виробничих процесів і n - потужності підсистем (елементів);

V_i - обсяг простору i -ої підсистеми (елемента) технологічної системи, організований у відповідності із залежністю f_{iV} вирішення питань функціонального призначення підсистеми (елемента) F , просторової композиції в техніці, ергономіки K , дизайну D , автоматизації виробничих процесів - A потужності n - підсистем (елементів);

M_i - безліч, що описує габарити i -ої підсистеми (елемента) технологічної системи, яка спроектована в відповідності з залежністю f_{iM} вирішення питань функціонального призначення підсистеми (елемента) F , просторової композиції в техніці K , ергономіки I , дизайну D , автоматизації виробничих процесів, A і потужності n - підсистем (елементів).

В якості реалізації просторово-компактної технологічної системи, була запропонована машина групового пакування, рис.5. Залежно від виду пакувальної одиниці, продуктивності технологічних ліній, застосовують три способи формування групової упаковки: горизонтальний, вертикальний, комбінований. Для пакувальних одиниць форми паралелепіпеда широко застосовують горизонтальний спосіб із пошаровим формуванням структурних елементів групової упаковки. На основі аналізу структури та циклограм машин для групового пакування пакувальних одиниць форми паралелепіпеда встановлено, що для реалізації високої продуктивності потрібно диференціювати операції формування структурних елементів та формувати групову упаковку шляхом накопичення шарів пакувальних одиниць на піднімально-опускній платформі. На основі аналізу та синтезу технологічних схем та структури машин для групового пакування пакувальних одиниць форми паралелепіпеда запропонована нова структура і конструкція машини, яка забезпечує безперервний режим укладання шарів регульованих одиниць на платформу піднімально – опускального механізму, що суттєво продуктивність машини.

Машина складається із накопичувально-подавального конвеєра, механізму укладання, піднімально-опускного механізму, механізму зштовхування групової упаковки та пристрою позиціонування і утримання транспортної тари.

Накопичувально-подавальний конвеєр наведено у вигляді роликового конвеєра 4, приводом якого є фрикційно-пасова передача. Конструкцією машини передбачено переміщення на накопичувальний конвеєр 4, попередньо сформованого шару пакувальних одиниць. Для позиціонування шару пакувальних одиниць на подавальному конвеєрі встановлено упорну площину 13, яка здійснює зворотно-поступальний рух. Механізм укладання конструктивно виконаний у вигляді двох замкнених ланцюгових конвеєрів 6, між якими у двох позиціях встановлено роликові доріжки 1.

Довжина роликових доріжок визначається довжиною шару пакувальних одиниць. Роликова доріжка, що розташована у верхній позиції приводиться до руху фрикційно-пасовою передачею синхронного руху роликів на подавальному конвеєрі. Обмеження руху шару пакувальних одиниць на роликовому конвеєрі 1 здійснюється упорною площиною 9. Між ланцюговими контурами розташований у вигляді нюрнберзьких ножиць 8. Приводом такого механізму прийнято пневмопривод. Несучою площиною нюрнберзьких ножиць є платформа 7 на якій і накопичуються шари пакувальних одиниць.

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

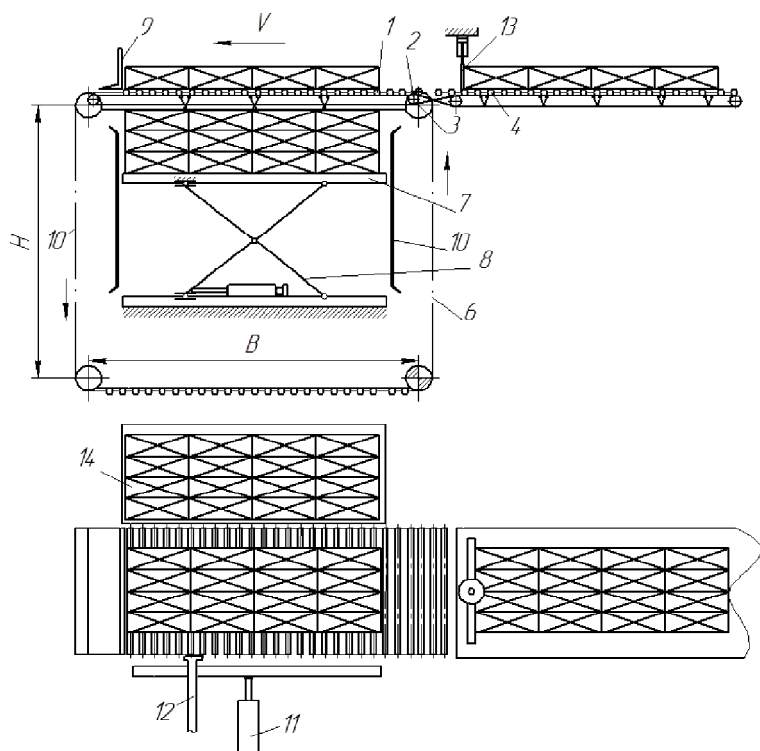


Рис.5 – Машина для групового пакування пакувальних одиниць форми паралелепіпеда

Механізм зштовхування групової упаковки наведено у вигляді вертикальної площини, яка рухається у горизонтальному напрямку за допомогою пневмопривода 11, та напрямної 12. Сформована групова упаковка переміщується в транспортну тару 14, яка позиціонується і утворюється відповідним механізмом. Принцип роботи машини такий. Сформований шар пакувальних одиниць подається на подавальний конвеєр 4 до моменту його контакту з упорною площиною 13. У момент коли перший ролик, роликової доріжки, переміститься у верхню горизонтальну позицію синхронно включаються до руху фрикційно-пасові передачі, подавального і укладального конвеєрів. Упорна напрямна 13 піднімається догори і шар пакувальних одиниць переміщується на укладальний роликовий конвеєр. При досягненні пакувальними одиницями упорної напрямної 9 вони зупиняються, а роликова доріжка продовжує переміщуватись по контуру ланцюга.

Відведення роликової доріжки із під шару пакувальних одиниць призводить до укладання їх на платформу піднімально-опускного механізму, або попередньо укладений шар пакувальних одиниць. Процес накопичення і укладання шарів здійснюється у безперервному режимі, що дає змогу суттєво збільшити продуктивність машини. Сформована групова упаковка механізмом зштовхування переміщується у попередньо сформований і зпозиційований гофрокартонний ящик. Тривалість операції зштовхування і переміщення у верхнє положення, залежить від тривалості переміщення шару пакувальних одиниць із позиції подавального конвеєра в позицію укладального конвеєра.

Для забезпечення якісного накопичення шарів пакувальних одиниць та включення тривалості укладання шару з можливим вибором раціональних геометричних, кінематичних і силових параметрів механізму укладання, виконані додаткові дослідження операції укладання пакувальних одиниць відповідною приводною роликовою доріжкою [4]. Тривалість операції укладання шару пакувальних одиниць відповідною роликовою приводною доріжкою визначено за формулою:

$$T_y = n \sum_{i=1}^{i=5} t_i \quad (8)$$

де n - кількість пакувальних одиниць в ряду шару; t_i - тривалість i -го стану операції укладання пакувальних одиниць на піднімально – опускальну платформу.

На основі аналізу та синтезу технологічних схем та структури машин для групового пакування пакувальних одиниць форми паралелепіпеда запропонована нова структура і конструкція машини, яка забезпечує безперервний режим укладання шарів регульованих одиниць на платформу піднімально – опускального механізму, що суттєво продуктивність машини. Для вибору раціональних кінематичних і геометричних параметрів механізму накопичення шарів пакувальних одиниць розроблено математичну модель переміщення шару пакувальних одиниць відповідною роликовою приводною доріжкою на платформу піднімально – опускального механізму.

Висновки. На основі виразу (1) виконується проектування просторово компактних технологічних систем, у тому числі, і ПТЛ технологічних виробництв безперервної дії. Це дає можливість створювати ПТЛ нового технічного рівня.

У роботі розглянуто особливості конструювання і проектування ПТЛ пакувальних систем, а також запропоновано на останньому етапі схемного розгляду технологічної системи використовувати принципово-структурні моделі. В роботі виконано аналіз і синтез принципово-структурних моделей і розроблена загальна модель по-

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

будови ПТЛ. Для створення технологічних систем заданої конфігурації запропоновано алгоритм загальної методики синтезу ПТЛ безперервної дії та розроблено методику оптимізаційного синтезу їх конструкцій.

Запропоновано вирази (1), (2), (3) для визначення продуктивності технологічних систем з різними видами просторових технологічних зон, що дало можливість створювати ПТЛ нового технічного рівня. Встановлено, що розроблені технологічні системи особливо ефективні для комплексної автоматизації пакувальних виробничих процесів.

Таким чином, на базі розроблених ПТЛ безперервної дії може забезпечуватися подальша комплексна автоматизація і інтенсифікація виробничих процесів. Запропоновані технологічні системи дозволяють істотно підвищити техніко-економічних показників виготовлення виробів і являють собою системи з якісно новими технічними і технологічними властивостями і високим ККД.

Література

1. Tommelein, I.D. and Zouein, P.P. (2003). "Interactive Dynamic Layout Planning." *J. of Constr. Engrg. and Mgmt.*, ASCE, 119 (2) 266-287.
2. Пермяков А.А., Яковенко И.Э., Фадеев А.В. О моделировании компоновок УЗП многопозиционных агрегатных станков //Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ". – 2003. - №6.
3. Yeh, I.C. (2001). "Construction-Site Layout Using Annealed Neural Network." *J. Comp. in Civil Engrg.*, ASCE, 9 (3) 201-208.
4. Кривопляс А.П., Погрузочно-разгрузочные машины / Кривопляс А.П. , Кукибный А.А. ,Беспалько А.П. и др. - М. Машиностроение, 1982 - 242 с.

References

1. Tommelein, I.D., Zouein, P.P. (2003), "Interactive Dynamic Layout Planning." *J. of Constr. Engrg. and Mgmt.*, ASCE, 119 (2), pp. 266-287.
2. Permyakov, A.A., Yakovenko, I.EH., Fadeev, A.V. (2003) "About modeling of configurations of UZP multiposition aggregate machines", *Visnik Nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta "HPI"*, no. 6
3. Yeh, I.C. (2001), "Construction-Site Layout Using Annealed Neural Network" *J. Comp. in Civil Engrg.*, ASCE, 9 (3), pp. 201-208.
4. Krivoplyas, A.P., Kukibnyj, A.A. ,Bespalko, A.P. et al. (1982), *Pogruzочно-razgruzochnye mashiny* [Loading and unloading machines], Mashinostroenie, Moscow, Russia.