

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ІНУХТІС ім. акад. І.С. Гурого
Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

Сергій БЛАЖСЕНКО
(ім'я та прізвище)

«10» серпня 2026р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Мариамта КРИВОПЯС-ВОЛОДИНА
(ім'я та прізвище)

«10» серпня 2026р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

зі спеціальності 131 Прикладна механіка
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Прикладна механіка

на тему: Оптимізація ліній вантажоперевезення транспортних пакетів продуктивністю до тр. тис/год

Виконав: здобувач _____ курсу, групи _____

Зорін Костянтин Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Дереживська Анастасія Василівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти Юрій БОЙКО
(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Юрій ВЕРЕСОЦЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарплатованої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач Зорін Костянтин Олександрович
(підпис)

Київ - 2026 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Університет імені Акад. С.С. Гуренка
Кафедра Механіки та нагнвальної техніки
Освітній ступінь Бакалавр
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і назва)
Освітньо-професійна програма Прикладна механіка
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри М.А.Т.

М.А.Т.
«03» листопада 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Зоріна Костянтина Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оптимізація ліній вилотування транспортних пакетів продуктивністю до тр. пак./год

керівник роботи Воронівська Анастасія Василівна, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03» 11 2025 року № 899-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 10 лютого 2026

3. Вихідні дані до роботи Технічній та механічній параметри конструкції склярого обмаркування ліній вилотування транспортних пакетів, продуктивність ліній - до тр. пак. год., універсаль - транспортний пакет

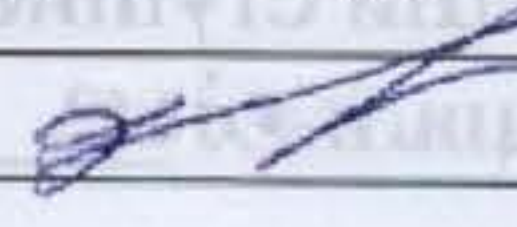
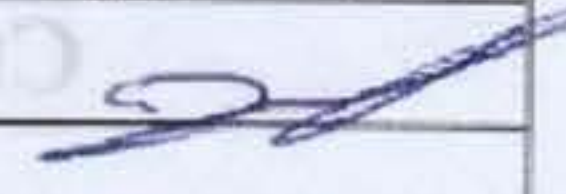
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз. Вступ. Літературний огляд. Техніко-економічне обґрунтування. Опис проєкту. Розрахунок тривалості виконання циклу роботи склярого обмаркування ліній. Розрахункова частина. Можливі експериментальні та реальні нагнвальні обмаркування. Оцінка праці. Висновки. Висок в експлуатації ліній.

5. Перелік графічного матеріалу

лист 1. ліній вилотування транспортних пакетів продуктивністю до тр. пак. год. лист 2. Модельна автотракторна лінійна вилотування в гофрокоробку. лист 3. Модельна автотракторна лінійна вилотування транспортних пакетів. лист 4. Розроблений конвеєр. лист 5. Технологічна карта виготовлення деталі "зірочка"

6. Консультанти розділів роботи

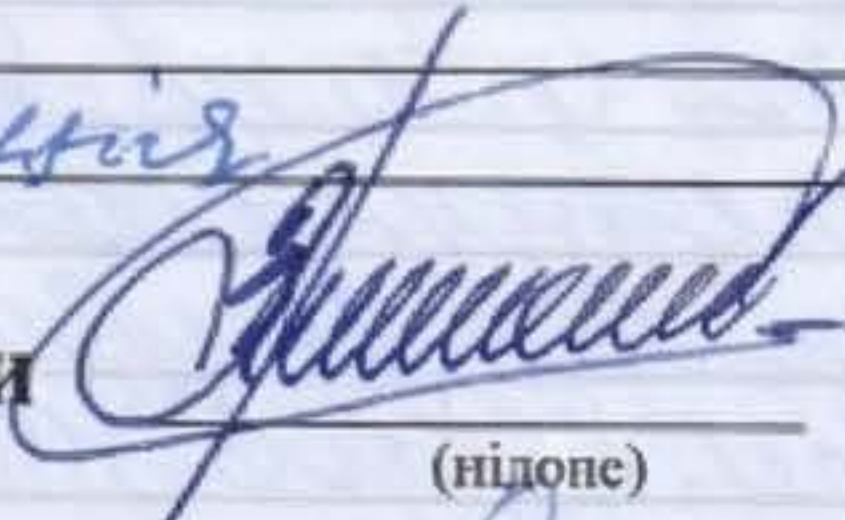
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
тех. мам	Байко М. І., доц.		

7. Дата видачі завдання 03. 11. 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація	10.01.26	виконано
2	Вступ	15.01.26	виконано
3	Розділ 1	18.01.26	виконано
4	Розділ 2	22.01.26	виконано
5	Розділ 3	25.01.26	виконано
6	Розділ 4	28.01.26	виконано
7	Розділ 5	31.01.26	виконано
8	Розділ 6	02.02.26	виконано
9	Розділ 7	04.02.26	виконано
10	Висновки	06.02.26	виконано
11	Аналіз використаної літератури	08.02.26	виконано
12	1 лист	09.02.26	виконано
13	2 лист	10.02.26	виконано
14	3 лист	11.02.26	виконано
15	4 лист	12.02.26	виконано
16	5 лист	13.02.26	виконано
17	Презентація	15.02.26	виконано

Здобувач освіти



(підпис)

Костянтин ЗОРІН

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи



(підпис)

Анастасія ДЕРЕНІВСЬКА

(ім'я та прізвище)

« 16 » лютого 2026р.

Зміст

АНОТАЦІЯ.....	6
ABSTRACT.....	8
ВСТУП.....	10
Розділ 1.Літературний аналіз існуючих технічних розробок.....	11
1.1. Загальна характеристика ліній виготовлення транспортних пакетів.....	11
1.2. Огляд обладнання для групування споживчої упаковки.....	12
1.2.1.Призначення та вимоги до обладнання для виготовлення групової (транспортної) упаковки.....	12
1.2.2. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з нижнім завантаженням.....	12
1.2.3. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з верхнім завантаженням.....	14
1.2.4. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з бічним завантаженням.....	14
1.2.5. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з вертикальним опусканням.....	15
1.2.6. Обладнання для групового пакування обгортанням.....	17

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Деренівська А.В.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> Кафедра МГП ЗПМ-5-1	<i>Розробник документа</i> <i>Зорін К.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	074. КР. ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Кривопляс-Володіна Л.О.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i>	<i>Аркуш</i>
					UA	3

1.3. Концепція вантажної одиниці.....	19
1.4. Огляд пакетоформувального обладнання	20
1.4.1 Палетайзери високого рівня.....	24
1.4.2. Низькорівневі палетайзери	24
1.4.3. Портальний палетайзер BMS UNIPAL 105/106.....	25
1.4.4. Робот палетайзер BMS UNIPAL 107/108	27
1.4.5. Безперервна лінія додавання агентів SLIP BOND™.....	29
1.5. Обладнання для скріплення транспортних пакетів.....	30
1.5.1. Автоматична машина для скріплення транспортного пакету розтягувальною стрічкою Tosa 11A6	31
1.5.2. Автоматична машина для скріплення транспортного пакету за технологією «Stretch Hood»	33
1.5.3. Обв'язувальна машина для транспортних пакетів Tosa CMR Cam-31	34
Висновок до розділу 1.	36
Розділ 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	37
РОЗДІЛ 3. ОПИС ПРОПОЗИЦІЇ. ПРИНЦИП РОБОТИ І КОНСТРУКЦІЯ.....	39
РОЗДІЛ 4. ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ЛІНІЇ	43
РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ТРИВАЛОСТЕЙ ЦИКЛУ РОБОТИ СКЛАДОВОГО ОБЛАДНАННЯ ЛІНІЇ	45
Розділ 6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	46
6.1. Розрахунок та вибір привода роликового конвеєра	46
6.2. Розрахунок ланцюгової передачі для роликового конвеєра.....	49
6.3. Геометричний розрахунок зірочок ланцюгової передачі:	53

6.4. Розрахунок захвату робота.....	54
6.5. Розрахунок пневмоциліндра пристрою переорієнтування групи пачок	57
Висновок до розділу 6.	59
РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ КЛЮЧОВОЇ ДЕТАЛІ СКЛАДАЛЬНОЇ ОДИНИЦІ МАШИНИ.....	
60	60
7.1. Вибір деталі	60
7.2. Підбір заготовки та спосіб її виготовлення.....	60
7.3. Розрахунок припусків.....	61
РОЗДІЛ 7. МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТ МАШИНИ	
64	64
7.1 Монтаж.....	65
7.2 Експлуатація та обслуговування	66
7.3 Ремонт та технічне обслуговування.....	67
Висновок до розділу 7	68
РОЗДІЛ 8.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
69	69
Висновок до розділу 8	85
Список використаної літератури.....	88

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена оптимізації структури та режимів роботи автоматизованої лінії виготовлення транспортних пакетів продуктивністю 20 транспортних пакетів за годину.

Об'єктом дослідження є процес формування транспортної одиниці з гофрокоробок із подальшим палетуванням та скріпленням стрейч-плівкою. Предметом дослідження є кінематичні, технологічні та конструктивні параметри складових модулів лінії.

У роботі виконано літературний аналіз сучасних технічних рішень у сфері групового пакування, палетування та скріплення транспортних пакетів. Проведено техніко-економічне обґрунтування структури лінії з урахуванням заданої продуктивності 20 піддонів за годину та допустимої тривалості виробничого циклу 180 с.

Виконано розрахунок продуктивності модуля групового пакування, визначено тривалості кінематичних циклів обладнання, проведено аналіз потенційних «вузьких місць» лінії. Встановлено, що при поштучному палетуванні зростають динамічні навантаження на привідні вузли роботизованого модуля, що може призводити до зниження ресурсу обладнання.

З метою оптимізації процесу запропоновано застосування мультизахватної вакуумної плити типу OSTOPUS з можливістю одночасного переміщення 3–4 гофрокоробок за цикл. Це дозволило зменшити кількість циклів укладання до 21 на один піддон та забезпечити тривалість циклу укладання 8,5 с при зниженні інтенсивності роботи маніпулятора.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Деренівська А.В.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	<i>Розробник документа</i> <i>Зорін К.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> АНОТАЦІЯ	074. КР. ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Кривопляс-Володіна Л.О.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i>	<i>Аркуш</i>
					UA	6

У розрахунковій частині виконано вибір та розрахунок привода роликового конвеєра, розрахунок ланцюгової передачі, перевірку запасу міцності, а також підбір параметрів вакуумної захватної системи.

Запропоновані технічні рішення забезпечують стабільну роботу лінії при продуктивності 20 транспортних пакетів за годину, зменшення динамічної навантаженості роботизованого модуля, підвищення ресурсу обладнання та відсутність виражених технологічних «вузьких місць».

Пояснювальна записка містить 90 сторінок, 21 рисунок, 4 таблиці, 27 джерел літератури та 5 аркушів графічної частини формату А1.

Ключові слова: транспортний пакет, гофрокоробка, палетування, роботизований палетайзер, вакуумна плита, кінематичний цикл, оптимізація, продуктивність.

ABSTRACT

The qualification thesis is devoted to the optimisation of the structure and operating modes of an automated production line for forming transport packages with a capacity of 20 transport units per hour.

The object of the study is the process of forming a transport unit from corrugated cardboard boxes followed by palletising and stretch film wrapping. The subject of the study includes the kinematic, technological, and structural parameters of the line modules.

A comprehensive literature review of modern technical solutions in the field of group packaging, palletising, and securing of transport packages has been conducted. A technical and economic justification of the production line structure has been developed, taking into account the required productivity of 20 pallets per hour and the permissible production cycle time of 180 seconds.

The productivity of the group packaging module has been calculated, the durations of equipment kinematic cycles have been determined, and potential bottlenecks of the line have been analysed. It has been established that single-item palletising increases dynamic loads on the robotic drives, which may reduce equipment service life.

To optimise the process, the application of a multi-grip vacuum plate of the OCTOPUS type capable of handling 3–4 corrugated boxes per cycle has been proposed. This solution reduces the number of stacking cycles to 21 per pallet and ensures a stacking cycle time of 8.5 seconds while decreasing manipulator load intensity.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Деренівська А.В.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	<i>Розробник документа</i> <i>Зорін К.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> ABSTRACT	074. КР. ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Кривопляс-Володіна Л.О.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i>	<i>Аркуш</i>	
					UA	8	

The calculation section includes the selection and design of the roller conveyor drive, chain drive calculation, strength verification, and selection of the vacuum gripping system.

The proposed technical solutions ensure stable operation of the line at a capacity of 20 transport packages per hour, reduced dynamic loading of the robotic module, increased equipment service life, and elimination of critical technological bottlenecks.

The explanatory note consists of 90 pages, 21 figures, 4 tables, 27 references, and 5 A1-format drawings.

Keywords: transport package, corrugated box, palletising, robotic palletiser, vacuum plate, kinematic cycle, optimisation, productivity.

ВСТУП

Сучасний розвиток харчової та переробної промисловості характеризується зростанням вимог до ефективності виробничих процесів, надійності обладнання та раціонального використання ресурсів. Особливе місце в структурі пакувальних систем займають лінії формування транспортної тари, які забезпечують групування споживчих упаковок, формування гофрокоробок, завантаження продукції та підготовку її до транспортування й зберігання.

За умов зростання обсягів виробництва та необхідності інтеграції пакувального обладнання у роботизовані виробничі системи особливої актуальності набуває оптимізація структури та режимів роботи ліній виготовлення транспортних пакетів. Наявність міжопераційних простоїв, неузгодженість швидкісних режимів окремих модулів, а також виникнення «вузьких місць» призводять до зниження фактичної продуктивності та збільшення енерговитрат.

Для лінії продуктивністю 20 транспортних пакетів на годину допустима тривалість виробничого циклу становить 180 с, що вимагає чіткої синхронізації роботи механізмів групування, формування гофрокоробок, завантаження та заклеювання. Оптимізація кінематичних і технологічних параметрів таких систем дозволяє забезпечити стабільність процесу, зменшити простої обладнання та підвищити коефіцієнт його використання.

Підвищення ефективності функціонування автоматизованої лінії виготовлення транспортних пакетів продуктивністю 20 тр. пак/год відбувається шляхом аналізу її структурної побудови, визначення кінематичних параметрів та розроблення технічних рішень з оптимізації процесу.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Деренівська А.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	<i>Розробник документа</i> Зорін К.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	074. КР. ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Кривопляс-Володіна Л.О.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i>	<i>Аркуш</i>	
					UA	10	

Розділ 1. Літературний аналіз існуючих технічних розробок

1.1. Загальна характеристика ліній виготовлення транспортних пакетів

Формування транспортної тари є завершальним етапом пакувального процесу та відіграє ключову роль у забезпеченні збереження продукції під час транспортування, складування та реалізації. Лінії виготовлення транспортних пакетів забезпечують групування споживчих упаковок, формування гофрокоробок, завантаження продукції, заклеювання та передавання на подальші операції палетування.

Сучасні пакувальні системи характеризуються модульною побудовою, що дозволяє адаптувати їх до різної продуктивності та конфігурації виробничих потоків. Продуктивність таких ліній може коливатися від 10 до 40 транспортних пакетів за годину залежно від типу продукції, способу групування та рівня автоматизації.

Основними вимогами до ліній виготовлення транспортної тари є:

- забезпечення стабільної пропускної здатності;
- синхронізація роботи окремих модулів;
- мінімізація простоїв;
- раціональне використання енергетичних і матеріальних ресурсів, виробничої площі;
- відповідність вимогам безпеки та надійності.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Деренівська А.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	Розробник документа Зорін К.О.	Назва, додаткова назва Розділ 1	074. КР. ПЗ				
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш	
					UA	11	

1.2. Огляд обладнання для групування споживчої упаковки

1.2.1. Призначення та вимоги до обладнання для виготовлення групової (транспортної) упаковки

Групування [1] споживчої упаковки є проміжною технологічною операцією між етапом споживчого пакування та формуванням транспортного пакета. Основним завданням обладнання для групування є формування певної кількості споживчих упаковок відповідно до заданої схеми розташування (2×3, 3×4, 4×5 тощо) з подальшим скріпленням або вкладанням в коробку / ящик.

До основних вимог, що висуваються до систем групування, належать:

- забезпечення заданої продуктивності;
- точність позиціонування упаковок;
- синхронізація з транспортною системою;
- мінімізація механічних пошкоджень продукції;
- можливість переналагодження при зміні формату.

1.2.2. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з нижнім завантаженням

Конструкція машини типу **Bottom Load Case Packer** (рис1.1) забезпечує максимальний доступ до всіх приводних механізмів з одного боку обладнання при збереженні компактною виробничої площі [2].

Дана конфігурація оптимально підходить для харчової продукції.

Після захоплення та формування гофрокоробки згрупована продукція плавно піднімається знизу в транспортну тару. Завантажувальна напрямна забезпечує точне позиціонування продукції всередині тари. Далі малі та великі клапани послідовно загинаються під час транспортування коробки у відповідній секції. Закривання здійснюється за допомогою ВОРР-стрічки або клею. Готова транспортна упаковка плавно виводиться на вихідний конвеєр.

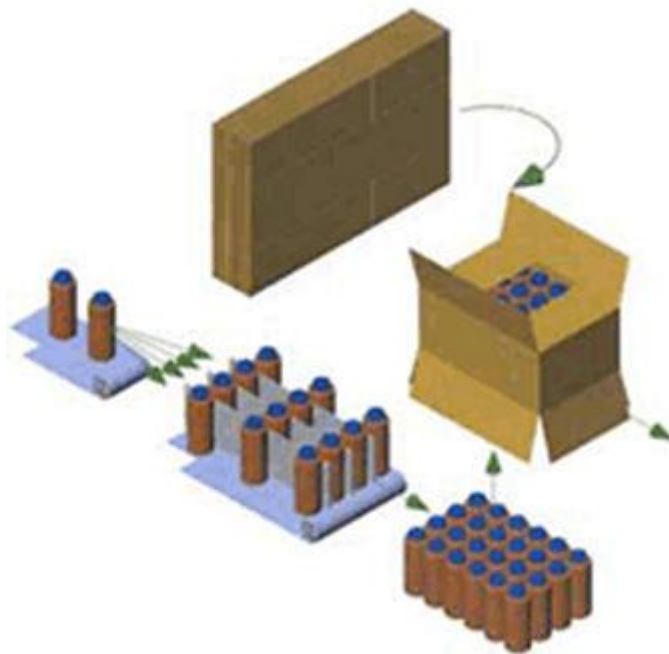


Рис 1.1. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з нижнім завантаженням Orbite equipments Bottom Load Case Racker

1.2.3. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з верхнім завантаженням

Машина типу **Pick & Place Case Packer** (рис. 1.2) призначена для автоматичного пакування жорстких контейнерів різних форматів: пляшок, банок, металевих банок, лотків, картонних оболонок, пакетів, саше та pillow-bag [2].

Маніпулювання продукцією здійснюється роботизованою рукою Pick & Place, оснащеною вакуумними присосками або механічними захватами залежно від геометрії упаковки. Рука виконує бокове переміщення при укладанні в короб, що забезпечує компактне розміщення машини в лінії.

Машина приймає попередньо сформовані коробки та продукцію з фасувальної лінії, формує ряди відповідно до заданої схеми укладки та акуратно розміщує продукцію всередині тари.

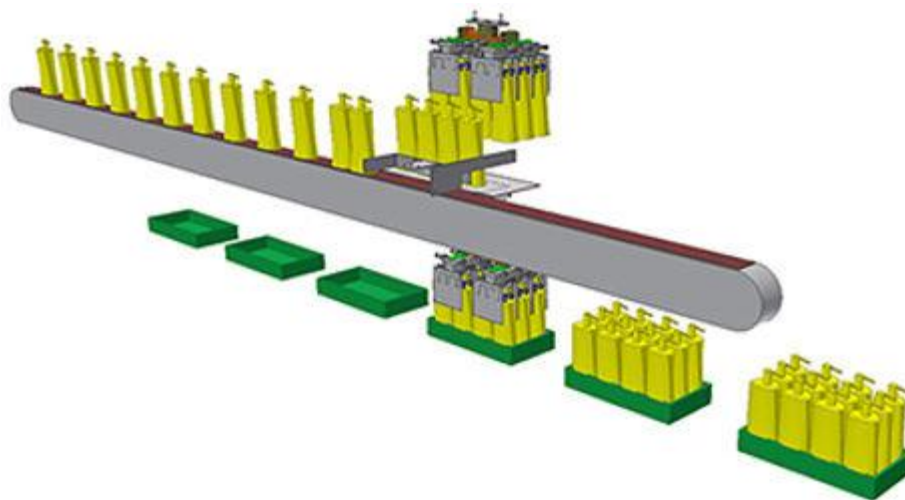


Рис. 1. 2. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з верхнім завантаженням Orbite equipments Pick & Place Case Packer

1.2.4. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з бічним завантаженням

Машини бічного завантаження призначені для укладання продукції в коробку, розташовану на боці (рис. 1.3).

За допомогою системи подачі продукція попередньо групується у відповідній конфігурації пакування, після чого горизонтально переміщується в відкриту коробку [2].

Доступні різні габаритні виконання рами. Пропонується широкий вибір систем подачі для роботи з первинною упаковкою: картонні коробки, пакети, лотки тощо.

Компактна конструкція забезпечує доступ оператора на рівні підлоги для технічного обслуговування.

Переналаштування формату здійснюється вручну менш ніж за 10 хвилин без необхідності заміни комплектуючих.

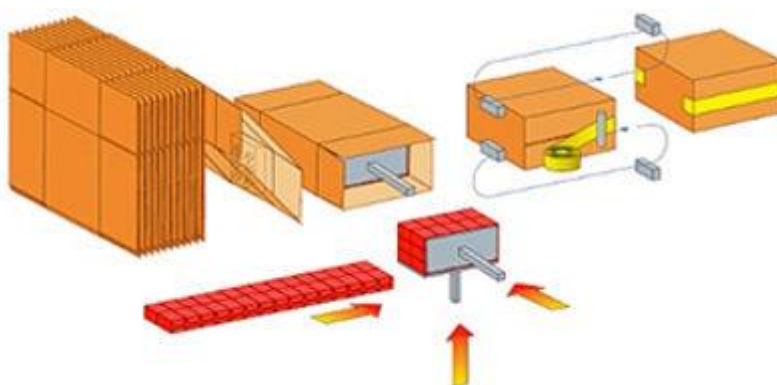


Рис. 1. 3. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з бічним завантаженням Orbite equipments SIDE LOADING Case Packer

1.2.5. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з вертикальним опусканням

DROP CASE PACKER (рис. 1. 4) — це повністю автоматична машина, що приймає сформовані гофровані лотки або короби та завантажує їх продукцією з контролем орієнтації ручок і етикеток [2].

Готовий заповнений лоток/коробка передається на вихідний транспортер.

Машина працює в безперервному режимі. Продукція (коробки, пляшки, банки, жерстяні банки тощо) може пакуватись з продуктивністю до **60 транспортних одиниць за хвилину**.

Лінія лотків має високу гнучкість формату: можливе виготовлення відкритих лотків, лотків із плечовими клапанами та shoulder-tray.

Модульна конструкція дозволяє використовувати обладнання в різних галузях.

Переваги:

- добрий огляд робочих зон,
- зручний доступ оператора,
- інтуїтивна система керування.

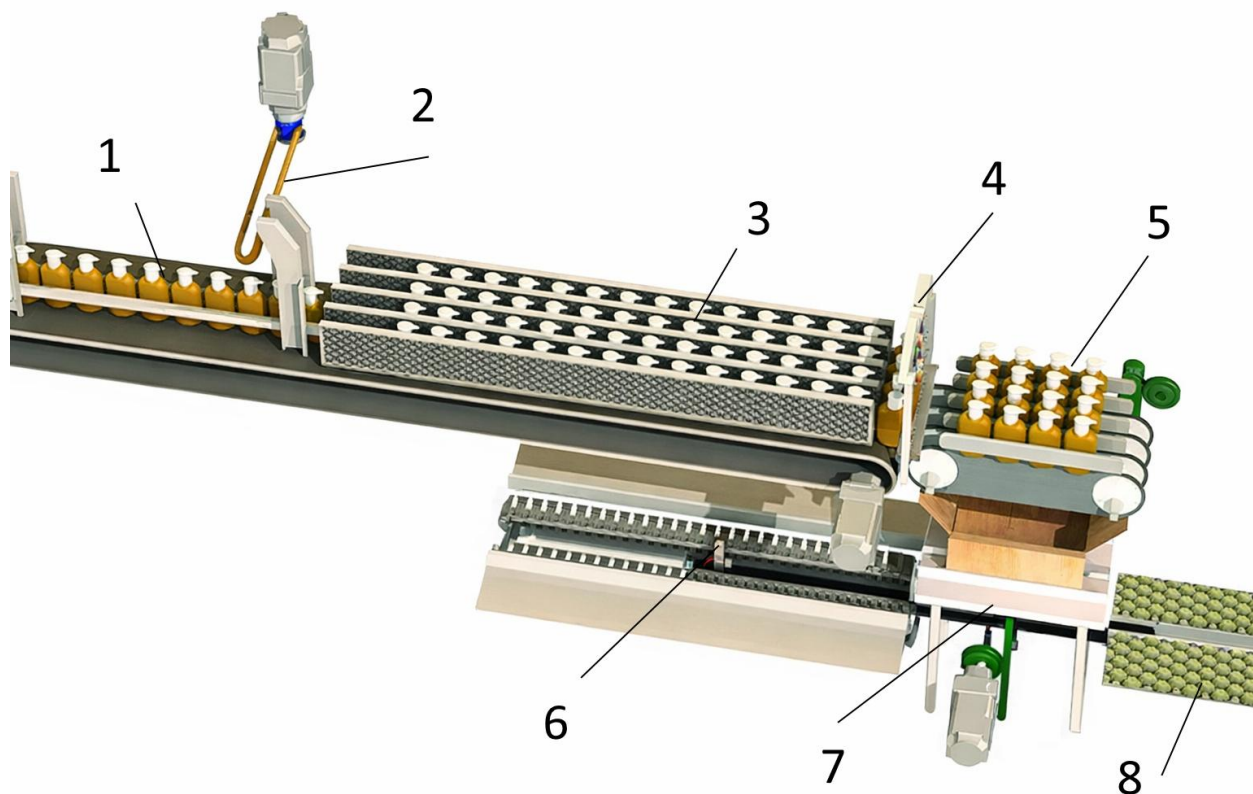


Рис. 1.4. Обладнання для групового пакування в гофрокоробку з вертикальним опусканням Orbite equipments DROP CASE PACKER: 1- вузол розподілу та вирівнювання пляшок у паралельні ряди, 2- сервопривід із зубчастим (синхронним) ременем, 3- буферна ділянка для стабілізації подачі перед групуванням, 4- система підрахунку виробів, 5- система подачі групи споживчих упаковок в транспортну тару, 6 - позиціонуючий механізм для поетапного переміщення транспортної тари під завантаження 7- підйомний/позиціонуючий столик, 8- відповідний роликівий конвеєр,

1.2.6. Обладнання для групового пакування обгортанням

WRAP AROUND CASE PACKER (рис. 1.5)- машина періодичної дії типу обгортувач призначена для пакування продукції в обгорткові коробки зі швидкістю до 15 к./хв. [2]

Усі моделі оснащені сервоприводною технологією (Servo Drive Technology), що забезпечує високоточну синхронізацію та сучасний рівень продуктивності.

Машина здатна пакувати пляшки, банки, жерстяні банки та пакети у короби обгорткового типу. Система подачі продукції проєктується індивідуально відповідно до вимог замовника.

Подвійна сервоприводна система транспортування короба дозволяє змінювати довжину формату через НМІ-панель оператора без складних механічних регулювань.

Панель керування (НМІ) обертається навколо центральної осі машини, що забезпечує доступ оператора з обох боків.

Можливе виконання для внутрішнього або зовнішнього клейового клапана.

Повнорозмірні захисні двері з обох сторін забезпечують повний доступ для обслуговування.

Автоматично регульовані подаючі штовхачі гарантують високу точність та надійність при переході на новий формат упаковки.

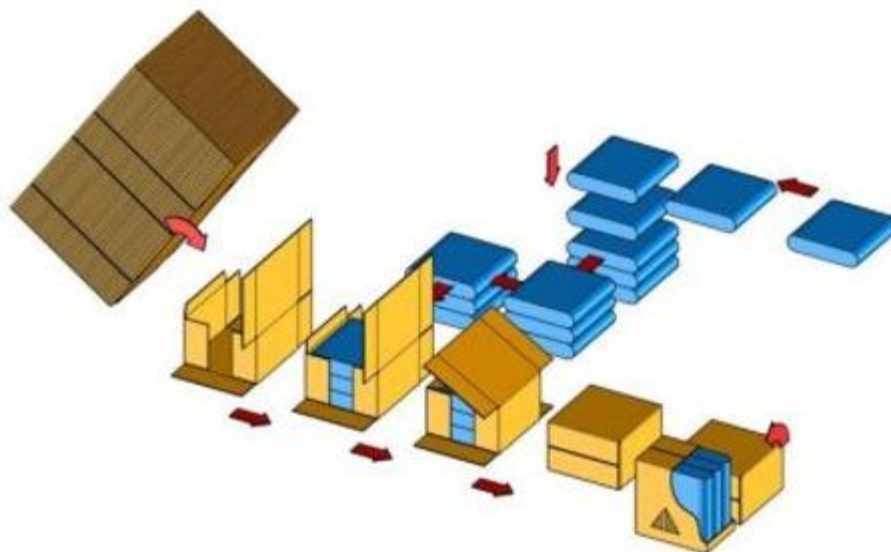


Рис. 1.5. Обладнання для групового пакування обгортанням
Orbite equipments WRAP AROUND CASE PACKER

1.3. Концепція вантажної одиниці

Палетайзери використовують принцип **формування вантажної одиниці**, що передбачає об'єднання кількох пакованих одиниць для підвищення ефективності обробки [3].

Замість переміщення великої кількості дрібних споживчих упаковок економічніше транспортувати одну велику об'єднану одиницю – транспортний пакет (вантажна одиниця).

Готова продукція, яка зазвичай упакована в:

- коробки,
- ящики,
- лотки,
- контейнери,
- консолідується в одну вантажну одиницю на основі:
- піддонів (палет)
- роликів контейнерів (roll cages)

Палетайзер укладає продукцію на піддон — звідси й назва.

Піддони можуть виготовлятися з:

- деревини,
- пластику,
- паперу,
- сталі.

Вони являють собою плоскі стабільні конструкції з отворами або пазами для захоплення вилковими навантажувачами чи гідравлічними візками.

Типи доступу:

- двосторонній (two-way entry)
- чотиристоронній (four-way entry)

Більшість піддонів витримують навантаження до **1 тонни** та мають площу близько **1 м²**.

Стандартні розміри піддонів:

Європа, Азія: 1000 × 1200 мм (6,7% невикористаного простору)

Північна Америка, Європа, Азія: 1067 × 1067 мм (11,5% невикористаного простору)

Європа: 800 × 1200 мм (15,2% невикористаного простору)

1.4. Огляд пакетоформувального обладнання

Пакетоформувальне обладнання (палетайзери) призначені для упорядкованого, точного та повторюваного укладання упакованої продукції на піддони [4].

Процес палетування є критично важливим етапом у промислових виробничих лініях, оскільки він ефективно та безпечно готує продукцію до зберігання та відвантаження.

Автоматизація цього етапу зменшує ручне оброблення, підвищує продуктивність і забезпечує стабільну якість піддонів.

Палетування — це процес розміщення таких продуктів, як мішки, коробки, пачки або упаковки, на піддоні відповідно до заздалегідь визначеного шаблону, що забезпечує стійкість та легкість обробки.

Традиційно ручне палетування, яке зараз виконувалося, все більше **автоматизується** для вирішення таких питань:

- високі обсяги виробництва
- важкі та повторювані навантаження
- вимоги до безперервного виробництва
- суворіші стандарти безпеки

Автоматизований палетайзер працює як частина виробничої лінії, дотримуючись контрольованої та повторюваної послідовності.

Загалом, процес включає:

- Продукція надходить з конвеєра або пакувальної машини
- Елементи правильно орієнтовані та вирівняні
- Формуються шари або продукти збираються окремо
- Продукти розміщуються на піддоні відповідно до обраної схеми
- Готовий піддон передається на наступний етап (упаковка, зберігання або транспортування)

Усі операції контролюються системами керування, які гарантують точність і повторюваність.

Звичайні (шарові) палетайзери

Звичайні палетайзери працюють шляхом формування цілісних шарів продуктів та розміщення їх на піддоні.

Основні характеристики:

074. ДП. ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
			UA	21

- високі швидкості виробництва
- ідеально підходить для однорідних виробів
- підходить для безперервного та стандартизованого виробництва

Вони особливо ефективні, коли формати продуктів залишаються незмінною з часом.

Роботизовані палетайзери використовують промислових роботів, оснащених захопленнями або вакуумними інструментами, для обробки продуктів.

Ключові переваги:

- максимальна гнучкість
- здатність працювати з різними форматами та шаблонами палет
- швидкі перемикання
- компактні макети

З цих причин роботизовані палетайзери все частіше використовуються в сучасних виробничих середовищах.

Юнітайзери (Unitizers)

- Деякі палетайзери можуть укладати продукцію не на піддони, а на:
 - підкладні листи (slip sheets),
 - транспортні поверхні.

Такі системи називаються **юнітайзерами**. Вони дозволяють відмовитися від використання піддонів.

Хоча терміни "палетайзер" і "юнітайзер" іноді використовуються як синоніми, це різні технологічні підходи до формування вантажної одиниці.

074. ДП. ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
			UA	22

Автоматизація процесу палетування пропонує кілька переваг:

- Підвищена ефективність виробництва
- Зниження витрат на робочу силу
- Покращена безпека оператора
- Стабільна якість та стабільність піддонів
- Менший ризик помилок ручного керування

З часом палетайзер сприяє підвищенню загальної конкурентоспроможності виробничої лінії.

Встановлення палетайзера рекомендується, коли:

- Ручне палетування стає вузьким місцем виробництва
- вироби важкі або їх важко обробляти повторюваними
- потрібна безперервна робота
- кількість форматів або SKU збільшується
- безпека та ергономіка потребують покращення
- У цих випадках автоматизація палетування є стратегічною інвестицією.

Пакетоформуючі машини («звичайні» палетайзери) [5] – це повністю автоматичні системи, які приймають продукти (мішки, тюки, коробки, лотки тощо), формують шари та складають їх у одиницю завантаження. Ці машини працюють дуже швидко та підходять для роботи з однією одиницею товару за раз. Схема завантаження піддонів та конфігурації вибираються на екрані, який називається інтерфейсом людина-машина (НМІ). Сучасні системи можуть бути пов'язані із системою управління складом для зміни SKU та схем на льоту.

Цей тип палетайзера складається з високопродуктивних машин, здатних обробляти до 40 мішків або 200 ящиків за хвилину. Традиційна

механіка системи означає, що для належного обслуговування цих машин потрібно дуже мало спеціальних знань. Звичайні палетайзери можуть виробляти стабільні піддони, що економить місце для зберігання або транспортування.

Існує два типи звичайних палетизаторів: високорівневі (рис.1.1) та низькорівневі системи. Вибір між цими двома варіантами залежить від конфігурації вашого заводу та необхідної продуктивності.

1.4.1 Палетайзери високого рівня

Палетайзери високого рівня (рис. 1.6) завантажуються такими предметами, як коробки, сумки або лотки, за допомогою дозуючого стрічкового конвеєра, що знаходиться зверху машини; зазвичай на висоті від семи до восьми футів. Платформа оператора також розташована у верхній частині машини, а весь периметр машини закріплений поручнями.

Вироби розташовуються у відповідній конфігурації в зоні формування рядів і просуваються на стіл для формування шарів. Ці шари формуються на фартусі, який відкривається над підйомником. Підйомник відповідає за підйом і опускання піддону, щоб шари могли складатися один на одного. Після завершення завантаження піддону його або піднімають вилковим навантажувачем, або переміщують конвеєрами.

1.4.2. Низькорівневі палетайзери

Основна відмінність між палетизаторами високого та низького рівня полягає в точці подачі. У той час як машини високого рівня зазвичай приймають продукти приблизно на два метри над підлогою, машини низького рівня приймають продукти приблизно на один метр над підлогою. Ряди та шари будуються таким самим чином. Після формування шару його піднімають на верх піддону та розміщують, коли фартух відсувається. Через

цей додатковий рух палетизатори низького рівня часто працюють повільніше, ніж їхні аналоги високого рівня.

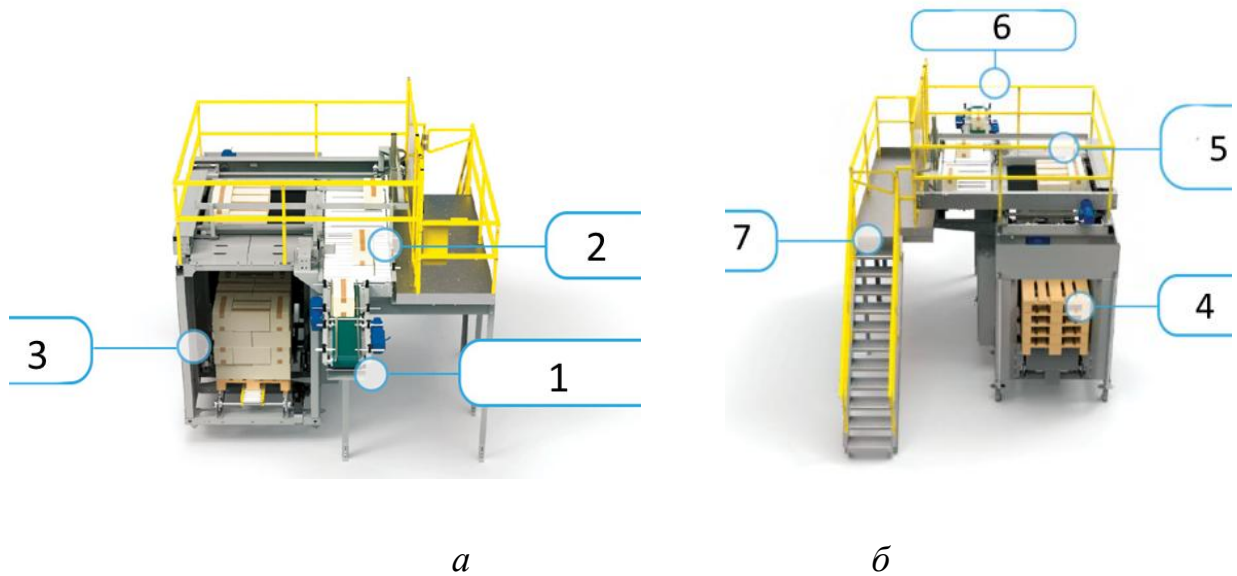


Рис. 1. 6 . Пакетоформувальна машина автомат високого рівня

А – вид спереду, б- вид ззаду, 1- подавальний конвеєр для гофрокоробок, 2 - формуючий стіл; 3- 4- магазин для дерев'яних піддонів, 5- 6- захисна огорожа; 7- сходи на вищий рівень для оператора

1.4.3. Портальний палетайзер BMS UNIPAL 105/106

Характерною особливістю палетайзера (портальний робот) **BMS UNIPAL 105/106** (рис.1.7) є висока точність позиціонування навіть у верхньому діапазоні продуктивності. Завдяки жорсткій бездеформаційній зварній конструкції з нержавіючої сталі та мостовій архітектурі осі X, яка забезпечує оптимальний розподіл навантажень, обладнання відзначається підвищеною міцністю, стабільністю та довговічністю[6, 7].

Застосована система приводу, що не потребує регулярного технічного обслуговування, у поєднанні з сучасною системою керування рухом забезпечує плавне та дбайливе переміщення продукції в межах індивідуально

налаштованої прямокутної робочої зони без «мертвих зон» і кінематичних обмежень.

Модульна конструкція палетайзера дозволяє гнучко конфігурувати систему відповідно до вимог конкретного виробництва. Розташування позицій подачі та розвантаження може бути адаптоване залежно від компонування лінії. Залежно від модифікації, порталні палетайзери **BMS UNIPAL 105/106** можуть застосовуватися на розливних підприємствах із продуктивністю до 60 000 пляшок на годину.

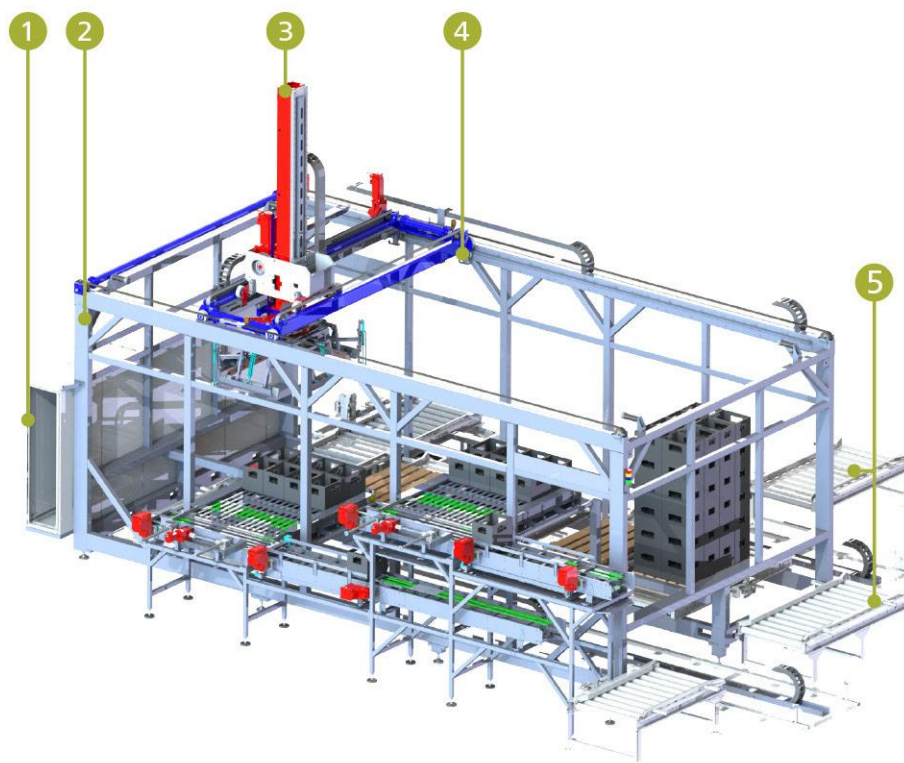


Рис. 1.7. Портальний палетайзер BMS UNIPAL 105/106

1. Інтегрована шафа керування
2. Опорна рама зі звареної, стабільної, стійкої до деформацій конструкції з нержавіючої сталі
3. Контроль руху Siemens PLC та технологія приводів SEW

4. Оптимальний розподіл навантаження завдяки унікальній конструкції мостового типу
5. Відвідний роликовий конвеєр

1.4.4. Робот палетайзер BMS UNIPAL 107/108

Палетайзер (SCARA робот) **BMS UNIPAL 107/108** (рис. 1.8) призначений для виконання операцій палетування та депалетування різних типів вантажів, зокрема ящиків для напоїв, термоусадочних пакетів, мультиупаковок і картонних коробок. Конструктивне виконання забезпечує універсальність застосування в складі автоматизованих ліній вторинного пакування .

Максимальна продуктивність обладнання становить до **450 циклів на годину**, при цьому допустима маса оброблюваного вантажу може досягати **750 кг** залежно від конфігурації системи захоплення. Роботи доступні у виконанні з **поворотним (обертвовим) або лінійним маніпулятором**, що дозволяє адаптувати кінематичну схему до особливостей виробничого процесу та компоновки лінії.

Застосування сучасної системи керування рухом у поєднанні з механізмами компенсації навантаження (системами противаг) забезпечує високу точність позиціонування, зниження енергоспоживання та стабільність роботи в широкому діапазоні навантажень. Конструкція передбачає використання спеціалізованих захватних пристроїв, оптимізованих під конкретний тип продукції, що сприяє збереженню цілісності упаковки та підвищенню якості штабелювання.

SCARA роботи **BMS UNIPAL 107/108** можуть додатково комплектуватися системами швидкої заміни захватних пристроїв, а також модулями з індивідуально налаштованими підйомними, поворотними або

лінійними рухами, що розширює функціональні можливості обладнання та підвищує його гнучкість при зміні формату продукції.

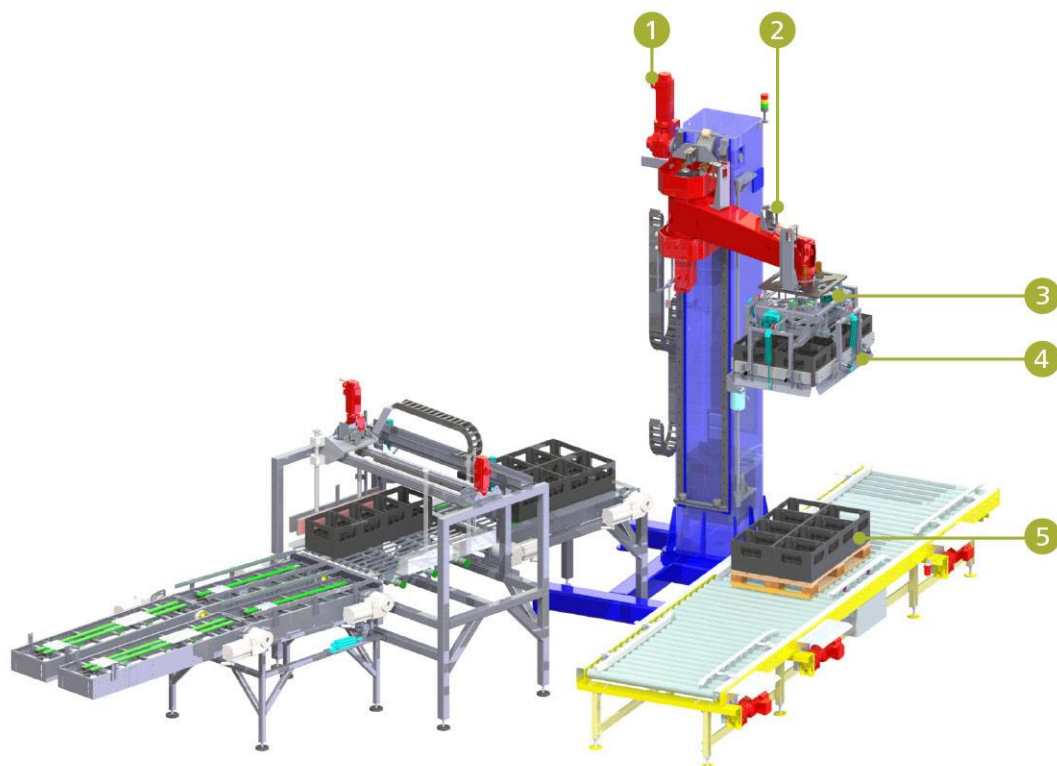


Рис. 1.8. Палетайзер BMS UNIPAL 107/108

1. Контроль руху Siemens PLC та технологія приводів SEW
2. Високодинамічна сервотехнологія та точне позиціонування
3. Розроблено для високих навантажень до 750 кг
4. Ідеально адаптовані головки захвату з додатковим швидкознімним з'єднанням
5. Гнучке застосування для обробки ящиків, коробок, термоусадочної упаковки та мультиупаковок

1.4.5. Безперервна лінія додавання агентів SLIP BOND™

Система SLIP BOND™ (рис. 1. 9) може легко встановлюватися та працювати на вашій існуючій лінії, автоматично наносить на рулон або розпилює спеціальні протиковзкі засоби харчового класу на кожен шар пакетів/коробок, забезпечуючи склеювання шарів один з одним для стабілізації упаковки на піддоні. Упаковку дуже легко видалити без пошкоджень, залишаючи її на упаковці. Система може повністю замінити поточну стрейч-плівку та термоусадкову плівку, зменшуючи витрати та підвищуючи безпеку[8].

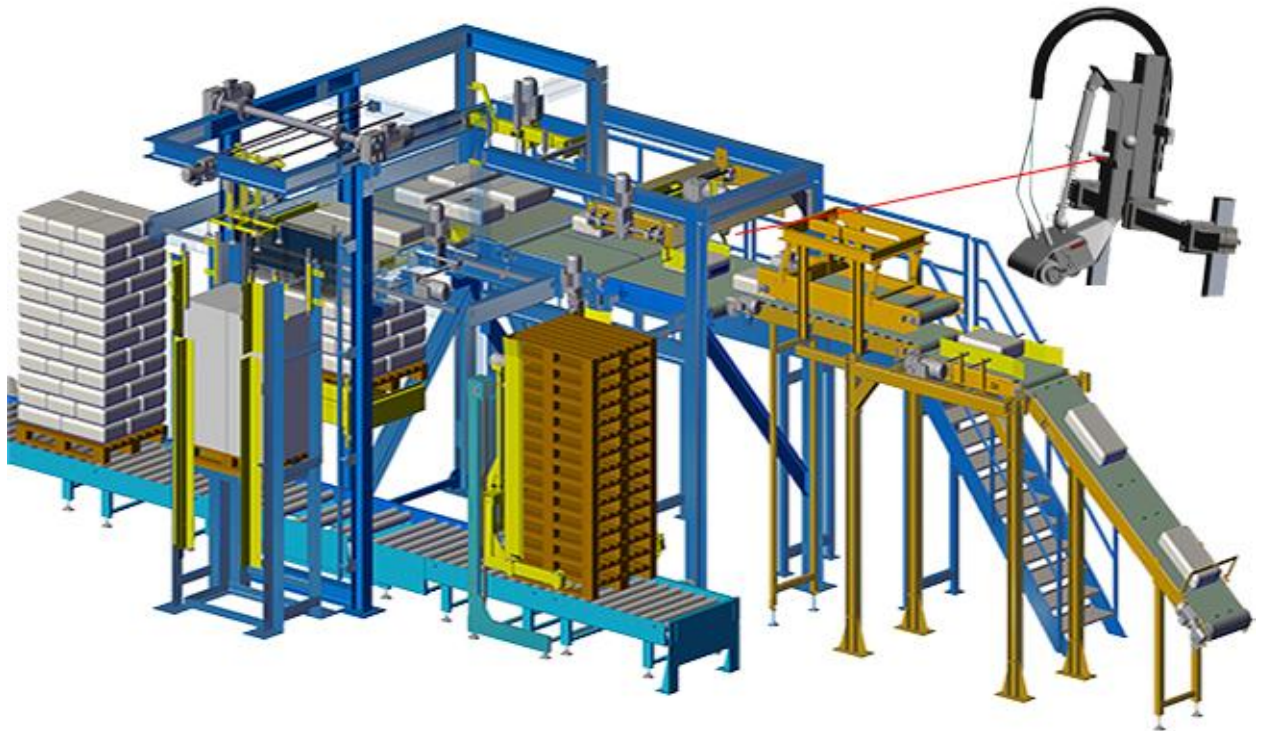


Рис. 1.9. Безперервна лінія для додавання агентів SLIP BOND™.

1.5. Обладнання для скріплення транспортних пакетів

Стійкість транспортного пакета в процесі навантажувально-розвантажувальних та транспортно-складських операцій визначається сукупністю технологічних і конструктивних чинників. До основних з них належать: схема укладання вантажних одиниць на піддоні; механічні властивості матеріалів, використаних під час пакування та формування пакета; обраний спосіб скріплення транспортної одиниці; а також точність і стабільність виконання операцій у пакетоформувальному обладнанні [9]

Важливим фактором, що впливає на стійкість пакета, є його міцність, яка насамперед обумовлена міцнісними характеристиками споживчої та групової упаковки. Саме ці характеристики визначають допустиму висоту штабеля та кількість шарів вантажу в транспортному пакеті.

Забезпечення достатнього рівня стійкості й міцності транспортних пакетів є одним із ключових завдань у системах наскрізних вантажних перевезень. Для фіксації транспортних пакетів і підвищення їхньої стійкості застосовують як одноразові, так і багаторазові засоби скріплення [10, 11, 12].

Проведений аналіз конструкцій [13] засобів скріплення (рис. 1.10) свідчить, що багаторазові системи (стропи, стяжки, касети тощо) мають низку суттєвих обмежень. Зокрема, вони характеризуються підвищеною вартістю, значною трудомісткістю виготовлення та потребують регулярного технічного обслуговування і ремонту. Крім того, необхідність повернення таких засобів постачальнику ускладнює логістичні процеси та обмежує сферу їх застосування.

Окремою проблемою є недостатній рівень механізації та автоматизації процесів скріплення транспортних пакетів із використанням багаторазових засобів. Це суттєво знижує ефективність їх використання, особливо в умовах

серійного та масового виробництва, де пріоритетом є висока продуктивність і стабільність пакувальних операцій.



Рис. 1. 10. Класифікація засобів скріплення транспортних пакетів

1.5.1. Автоматична машина для скріплення транспортного пакету розтягувальною стрічкою Tosa 11A6

TOSA 116 [14]– це повністю автоматична стрейч-пакувальна машина з обертовою рукояткою, призначена для забезпечення стабільного та компактного пакування будь-якого типу палетованого вантажу за допомогою стрейч-плівки (рис.1.11). Ця машина забезпечує ефективне та безпечно пакування піддонів різних форм та розмірів.

Коефіцієнт попереднього розтягування з прискоренням: до 250% для підвищення ефективності плівки

Автоматичне закріплення, різання та запаювання плівки: повністю автоматизований процес для зручності експлуатації.

Електрична панель керування: оснащена ПЛК та операційною панеллю для зручного керування та контролю.

Регульована швидкість згортання/спускання плівки: керується частотним драйвером для плавної роботи.

Регулювання натягу стрейч-плівки: дозволяє точно контролювати натяг для оптимального обгортання.

Контроль швидкості обертання важеля: Пуск і зупинка на низькій швидкості, регульовані частотним драйвером, що забезпечує плавну роботу.

Захисні огорожі: Захисні огорожі на межі забезпечують захист оператора.



Рис. 1.11. Автоматична машина для скріплення транспортного пакету роозтягувальною стрічкою Tosa 11A6

1.5.2. Автоматична машина для скріплення транспортного пакету за технологією «Stretch Hood»

Dino Flex Stretch Hooder [15] пропонує передову технологію пакування транспортних пакетів, використовуючи гнучкий, плівковий еластичний рукав стрейч-худ для надійного обгортання різних вантажів піддонів. Система Dino FLEX адаптується до різних розмірів продукції та висоти піддонів, а моделі здатні обробляти вантажі висотою від 1800 мм до 3000 мм.

Ця система використовує стрейч-плівку для створення стабільності, забезпечуючи безпечне транспортування та зберігання. Відсутність традиційних натяжних кронштейнів забезпечує більшу гнучкість у проектуванні та конфігурації, що робить її придатною для широкого діапазону розмірів піддонів.

Stretch Hooder забезпечує повністю налаштовуване обслуговування та ремонт відповідно до конкретних потреб бізнесу, забезпечуючи як надійність, так і ефективність пакувальних операцій.

Весь механізм різання та запаювання знаходиться на рівні землі, минули ті часи, коли піднімалися вертикальними драбинами, ризикуючи проблемами з охороною праці та безпекою. Новий рулон плівки можна замінити за 2,5 хвилини, а важелі швидкого з'єднання дозволяють якомога швидше завантажувати/розвантажувати плівку.

Новий рулон зможе обмотати сотні піддонів, а товщина плівки варіюється від 20 мікрон для захисту від пилу до 120 мікрон для надійнішого утримання та захисту вантажу.

Машина не використовує тепло, гідравліку чи стиснене повітря, вона дуже проста в експлуатації та обслуговуванні



Рис. 1.12. Автоматична машина для скріплення транспортного пакету
Dino Flex Stretch Hooder

1.5.3. Обв'язувальна машина для транспортних пакетів Tosa CMR Cam-31

Горизонтальна обв'язувальна машина Tosa CMR Cam 31 — це високопродуктивне, повністю автоматичне рішення, призначене для палетованих вантажів. Оснащена бічною зварювальною головою, вона може бути інтегрована в пакувальні лінії для продукції різних розмірів та типів виробництва [16].

Машина оснащена панеллю керування PLC, автоматичним визначенням висоти піддону за допомогою фотоелементів та кареткою для котушки стрічки з функцією відновлення стрічки. Здатна працювати з поліпропіленовими стрічками (12 x 0,70 мм), вона пропонує гаряче зварювання для міцного та надійного обв'язування.

З продуктивністю до 40 піддонів на годину, CMR Cam 31 ідеально підходить для середовищ з великим обсягом робіт, забезпечуючи ефективність та надійність. Додаткові функції включають сервісні конвеєри,

бічну компенсаційну головку та пневматичний центруючий пристрій для ідеального горизонтального обв'язування.

Характеристики:

- Панель керування з ПЛК
- Підхід обв'язувальної головки до упаковки 160 мм.
- Фотоелементи для автоматичного визначення висоти піддону.
- Каретка котушки для стрічки з функцією відновлення стрічки.

Ця машина може бути оснащена різними додатковими агрегатами:

- Сервісні конвеєри – на вході, на виході та через машину.
- Бічна компенсаційна головка з подвійним натягом.
- Пневматичний центруючий пристрій, розміщений на арці для ідеального горизонтального обв'язування.



Рис. 1.12. Обв'язувальна машина для транспортних пакетів Tosa CMR Cam-31

Висновок до розділу 1.

У результаті проведеного літературного аналізу встановлено, що сучасні лінії виготовлення транспортних пакетів характеризуються модульною структурою та високим рівнем автоматизації, що забезпечує гнучкість конфігурації та стабільну продуктивність. Розглянуто основні способи групового пакування продукції в гофрокоробку (нижнє, верхнє, бічне завантаження, вертикальне опускання, обгортання), визначено їх технологічні особливості та сфери доцільного застосування.

Проаналізовано шарові та роботизовані палетайзери. Встановлено, що роботизовані системи забезпечують високу гнучкість і швидке переналагодження, тоді як традиційні палетайзери є ефективними при стабільному форматі продукції. Також розглянуто сучасні способи скріплення транспортних пакетів (стрейч-обгортання, Stretch Hood, обв'язування), вибір яких визначається масою вантажної одиниці, умовами транспортування та економічною доцільністю.

Аналіз показав, що більшість промислових рішень орієнтовані на високу продуктивність (30–40 транспортних пакетів на годину і більше). Для лінії продуктивністю 20 тр. пак/год ключовими завданнями є синхронізація роботи модулів, оптимізація тривалості циклу (180 с), зменшення міжопераційних простоїв та підвищення коефіцієнта використання обладнання.

Отримані результати створюють теоретичне підґрунтя для подальшого техніко-економічного обґрунтування та розрахунку параметрів роботи лінії.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Деренівська А.В.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	<i>Розробник документа</i> <i>Зорін К.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновок до розділу 1	074. КР. ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Кривопляс-Володіна Л.О.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 36	

Розділ 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості ключовими вимогами до пакувального обладнання є стабільна продуктивність, надійність роботи, зменшення експлуатаційних витрат та забезпечення безперервності виробничого процесу. Формування транспортних пакетів є завершальним етапом пакувальної лінії та безпосередньо впливає на ефективність складських і логістичних операцій.

Проектована лінія передбачає формування транспортних пакетів продуктивністю 20 піддонів за годину. За таких умов операція палетування набуває визначального значення, оскільки саме вона формує загальний такт роботи всієї лінії виготовлення транспортного пакету. Значна кількість одиниць продукції в одному піддоні зумовлює підвищені вимоги до швидкодії, точності позиціонування та вантажопідйомності виконавчого механізму.

Поштучне укладання коробів одним роботизованим маніпулятором може призводити до перевантаження привідних вузлів, зростання динамічних навантажень та підвищеного зносу обладнання. У зв'язку з цим виникає необхідність оптимізації палетувального модуля як критичної ланки виробничої системи.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Деренієська А.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа Кафедра МГПТ ЗПМ-5-1	Розробник документа Зорін К.О.	Назва, додаткова назва Розділ 2	074. КР. ПЗ				
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш	
					UA	37	

Оптимізація полягає у зменшенні кількості циклів укладання шляхом застосування такої вакуумної захватної головки, що дозволяє переміщувати кілька коробів за один цикл, або у паралелізації процесу за рахунок використання двох роботизованих палетних станцій. Такий підхід забезпечує зниження навантаження на один маніпулятор, підвищення стабільності траєкторій руху та збільшення ресурсу обладнання.

Додатковим елементом оптимізації є впровадження проміжного накопичувача, який забезпечує розв'язку ритмів між операціями групування та палетування, зменшує вплив короточасних зупинок і підвищує коефіцієнт технічного використання лінії.

Економічна доцільність запропонованого рішення полягає у забезпеченні заданої продуктивності без надлишкового ускладнення конструкції, зменшенні ризику простоїв, раціональному використанні енергетичних ресурсів та підвищенні надійності роботи обладнання. Оптимізація структури палетувального модуля дозволяє досягти балансу між продуктивністю, стабільністю та експлуатаційними витратами.

Розроблення автоматизованої лінії формування транспортних пакетів відповідає сучасним тенденціям підвищення ефективності виробництва, зниження собівартості продукції та покращення конкурентоспроможності підприємства.

РОЗДІЛ 3. ОПИС ПРОПОЗИЦІЇ. ПРИНЦИП РОБОТИ І КОНСТРУКЦІЯ

Технологічна схема лінії виготовлення транспортних пакетів наведена на рис 3.1.



Рис. 3.1. Технологічна схема лінії виготовлення транспортних пакетів

У складі автоматизованої лінії [17] передбачено застосування **автоматичної машини групового пакування**. Обладнання призначене для формування транспортної тари (гофрокоробки) з плоскої заготовки, групування продукції та завантаження її в гофрокоробку з подальшим закриванням і передаванням на палетування.

Стандартні моделі працюють зі швидкістю 20–30 гофрокоробок за хвилину, тоді як високопродуктивні системи досягають 40–60 гофрокоробок за хвилину

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження <i>Деренієвська А.В.</i>	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа Кафедра МГП ЗПМ-5-1	Розробник документа <i>Зорін К.О.</i>	Назва, додаткова назва Розділ 3	074. КР. ПЗ			
	Документ затверджено <i>Кривопляс-Володіна Л.О.</i>		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				UA	39	

Принцип роботи. Робота Case Packer здійснюється у безперервному автоматичному режимі та включає такі основні операції:

1. Подача гофрозаготовки Заготовки подаються з магазину в зону формування за допомогою вакуумної системи або механічного відділення.

2. Формування гофрокоробки Заготовка розкривається, формується в об'ємну конструкцію та фіксується шляхом загинання клапанів. Фіксація здійснюється клеєм або ВОРР-стрічкою.

3. Групування продукції Короби або упаковки надходять по транспортеру, вирівнюються та формуються у задану схему укладання.

4. Завантаження в коробку.

5. Закривання верхніх клапанів Клапани послідовно загинаються та фіксуються клеєм або стрічкою.

6. Відведення заповненої коробки Готова транспортна тара передається на вихідний конвеєр для подальшого палетування.

7. Усі операції синхронізовані через систему керування з використанням сервоприводів і фотоелектричних датчиків.

Роботизований палетайзер призначений для формування транспортного пакета шляхом укладання коробок або іншої групової тари на піддон відповідно до заданої схеми штабелювання.

Він забезпечує: захоплення коробів із подаючого конвеєра; орієнтацію та позиціонування вантажу; укладання у визначену комбінацію (ряд, шар); формування багат шарового транспортного пакета;

Робот палетайзер складається з: промислового маніпулятора (4- або 6-осьова кінематична схема; сервоприводи з високою точністю позиціонування; система компенсації інерційних навантажень); захватного пристрою - вакуумна захватна головка; позиціонуючого столу; механізму подачі порожніх піддонів; датчиків контролю положення; системи керування (PLC-контролер; НМІ-панель; фотоелементи; система безпеки (огорожі, світлові бар'єри).

Принцип роботи. Короби надходять із Case Packer на накопичувальний транспортер. Робот захоплює кілька коробок. Виконується переміщення і вантаж укладається згідно з програмованою схемою. Після формування повного піддона він передається на етап скріплення. Робота здійснюється в автоматичному циклічному режимі з постійним контролем положення та швидкості.

Машина-автомат для скріплення розтягувальною стрічкою призначена для фіксації сформованого транспортного пакета на піддоні з метою забезпечення його стійкості під час транспортування, навантаження та складування.

Скріплення здійснюється шляхом обгортання піддона стрейч-плівкою з попереднім розтягуванням, що забезпечує щільне прилягання матеріалу до вантажу та рівномірний розподіл зусиль стискання.

Принцип роботи.

1. подача сформованого піддона в зону обгортання.
2. Автоматичне визначення висоти пакета (датчики).

3. Попереднє закріплення плівки.
4. Обертання рукава або обертання піддона навколо вертикальної осі.
5. Рівномірне намотування плівки з регульованим ступенем попереднього розтягування.
6. Обрізання та притискання кінця плівки.
7. Відведення готового транспортного пакета.
8. Усі параметри обгортання (кількість витків, натяг, швидкість руху каретки) задаються через панель оператора.

У складі розроблюваної лінії машина скріплення забезпечує завершальний етап формування транспортної одиниці. Вона підвищує безпечність перевезення та зменшує ризик зміщення коробів при транспортуванні.

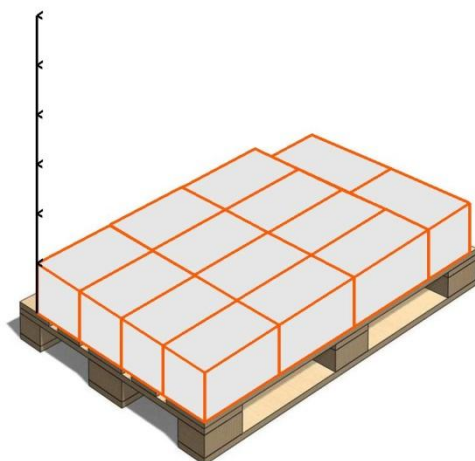
Автоматизація процесу скріплення дозволяє мінімізувати ручну працю, скоротити час циклу та підвищити коефіцієнт технічного використання обладнання.

РОЗДІЛ 4. ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ЛІНІЇ

До розрахунку прийнято паковану одиницю (рис. 4.1) - пакет гречки масою брутто 1,004 кг та розмірами: висота – 206 мм, глибина - 61 мм, ширина – 117 см [18] зображена на рис. 4.1.

В гофрокоробку вкладаємо 9 пакетів з гречкою. Геометричні параметри коробки:

Висота - 19.4 см, глибина - 33 см, ширина - 18.2 см, вага брутто - 9.072кг.



Шар:
72.80x117.20x19.40см;
127.01кг; 14 коробок;
84 шт
Блок вантажів:
72.80x117.20x116.4см;
759кг; 6 шарів; 84 коробок;
756 пакетів
Палета:
80.00x120.00x130.7см;
779 кг; 6 шарів; 84 коробки;
756 пакетів

Рис. 4.1. Схема розкладки під час палетування

В блоці вантажів на піддоні 6 шарів по 14 коробок у кожному, що відповідає 84 коробкам на піддон. При масі однієї коробки 1 кг загальна маса вантажу на піддоні становить 759 кг (з піддоном – 779 кг)

Для заданої продуктивності 20 транспортних пакетів за годину та схеми укладання 6×14 (84 гофрокоробки на піддон) загальний потік продукції становить 1680 коробів за годину.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Деренівська А.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	Розробник документа Зорін К.О.	Назва, додаткова назва Розділ 4	074. КР. ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				UA	43	

Автоматична машина працює зі швидкістю 28 коробів за хвилину, що відповідає необхідному потоку продукції. Отже, модуль формування гофрокоробки та групового пакування не є обмежувальним фактором системи.

Наступним етапом є аналіз палетайзера. При поштучному укладанні кількість циклів робота є максимальною, що підвищує динамічне навантаження на приводи та зменшує запас часу на позиціонування. За відсутності оптимізації саме палетування може стати потенційним вузьким місцем через високу частоту повторюваних операцій.

Для усунення ризику перевантаження запропоновано зменшення кількості циклів укладання шляхом застосування мультиголовочного вакуумного захвату з можливістю переміщення кількох коробок за один цикл. Такий підхід дозволяє знизити інтенсивність роботи маніпулятора, підвищити стабільність траєкторій та збільшити ресурс обладнання.

Крім того, запропоновано встановлення системи точкового розпилення агентів SLIP BOND™ на поверхню гофрокоробок, щоб унеможливити їх проти ковзання.

Додатково проведено аналіз модуля скріплення транспортного пакета. Машина автоматичного обгортання стрейч-плівкою працює з циклом, що не перевищує допустиму тривалість формування піддона, тому операція скріплення не обмежує загальний темп лінії.

Таким чином, аналіз показав, що при узгодженій продуктивності Case Packer та забезпечення багато захватного укладання лінія не має виражених вузьких місць. Запропонована структура забезпечує стабільну роботу при продуктивності 20 піддонів за годину та формує резерв на випадок короткочасних відхилень у роботі обладнання.

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ТРИВАЛОСТЕЙ ЦИКЛУ РОБОТИ СКЛАДОВОГО ОБЛАДНАННЯ ЛІНІЇ

Метою розроблення автоматизованої лінії є забезпечення стабільного формування транспортних пакетів продуктивністю 20 піддонів за годину при раціональному використанні обладнання, виробничих площ та енергетичних ресурсів за умови зменшення навантаження на критичну операцію палетування збільшенням тривалості операції укладання гофрокоробки на піддон та, відповідно, зменшенням кількості циклів укладання. Це дозволяє знизити інтенсивність роботи маніпулятора, зменшити динамічні навантаження та підвищити ресурс обладнання.

Продуктивність машини автомату для групового пакування:

$$Пг.п.=20 \cdot 84=1680 \text{ г.к./год}=28 \text{ г.к./ хв}$$

Тривалість кінематичного циклу машини автомату для групового пакування становить:

$$Тг.п.=60/28=2,14 \text{ с.}$$

Тривалість формування блоку гофрокоробок на піддоні становить

$$Тф.б=3600 \cdot /20=180 \text{ с.}$$

Кількість робочих (холостих ходів) робота палетайзера (за умови одночасного укладання 4 гофрокоробок за цикл):

$$N=84/4=21$$

Тривалість кінематичного циклу укладання роботом палетайзером:

$$Тук=180 \cdot 4/84=8,5 \text{ с}$$

Тривалість кінематичного циклу скріплення одного транспортного пакету становить:

$$Т1=3600/20=180 \text{ с.}$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Деренівська А.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	Розробник документа Зорін К.О.	Назва, додаткова назва Розділ 5	074. КР. ПЗ				
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш	
				UA	45		

Розділ 6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

6.1. Розрахунок та вибір привода роликового конвеєра

Вихідними даними (рис. 6.1) до розрахунку [19, 20] є:

продуктивність конвеєра - $Q = 20 \frac{\text{тр.пак}}{\text{год}}$;

довжина конвеєра - $L = 8000$ мм;

ширина конвеєра 1100 мм

Вага ролика – $G_p = 10$ кг

Діаметр ролика – $D = 80$ мм

Розрахункова лінійна швидкість конвеєра

$$v = \frac{20 \text{ тр.пак/год} \cdot (1,2\text{м} + 1\text{м})}{60} \approx 0,015 \text{ м/с}$$

Приймаємо 0,15 м/с

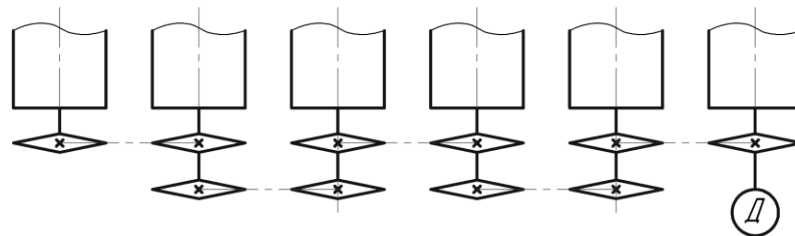


Рис. 6.1 Кінематична схема роликового конвеєра

Потужність привода роликового конвеєра визначається:

$$N = \left(C \cdot \frac{Q \cdot L}{367} + \frac{i \cdot G_p \cdot C' \cdot v}{102} \right) \cdot \frac{1}{\eta \cdot \mu}, \text{ де} \quad (5.1.)$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Деренівська А.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	Розробник документа Зорін К.О.	Назва, додаткова назва Розділ 6	074. КР. ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
				UA	46	

Q_m - продуктивність конвеєра, пак/год;

L - довжина конвеєра, м;

G_p - сила тяжіння частини ролика, що обертається, Н;

i - кількість роликів в конвеєрі, шт;

v - швидкість руху вантажу, м/с;

C - коефіцієнт опору переміщення вантажів, Н;

C' - коефіцієнт опору переміщенню роликів, Н;

$\mu = 0,4$ - коефіцієнт тертя-кочення;

$\eta = 1,8$ - коефіцієнт експлуатації.

$$C = \frac{fd + 2\mu}{D}, C' = \frac{fd}{D} \quad (5.2.)$$

$f = 0,2$ - коефіцієнт тертя в підшипниках

$d = 17$ - діаметр цапфи, мм

$D = 50$ - зовнішній діаметр ролика, мм

$$C = \frac{f \times d + 2\mu}{D} = \frac{0,2 \times 17 + 2 \times 0,4}{80} = \mathbf{0,0525}$$

$$C' = \frac{f \times d}{D} = \frac{0,2 \times 17}{80} = \mathbf{0,0425}$$

Уточню значення частоти обертання вихідного валу для подальшого вибору мотор-редуктора:

$$n = \frac{v \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (5.3)$$

$$n = \frac{0,15 \cdot 60 \cdot 1000}{3,14 \cdot 80} = \frac{9000}{251,2} \approx \mathbf{35,8 \text{ об/хв}}$$

Приму $n = 36 \text{ об/хв}$, тоді:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000} \quad (5.4)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 36}{60 \cdot 1000} \approx 0,15 \text{ м/с} \quad \text{- задовольняє умови задачі.}$$

Приймаємо крок між роликами - $t_p = 160$ мм

Кількість роликів в конвеєрі: $i=L/t_p=800/160=50$ шт.

Вагова продуктивність конвеєра:

$$Q = 20 \text{ пак/год} \times 0,779 \text{ т} \approx 15,58 \text{ т/год}$$

Потужність двигуна:

$$N = \left(0,0525 \cdot \frac{15,58 \cdot 8}{367} + \frac{50 \cdot 98,1 \cdot 0,0425 \cdot 0,15}{102} \right) \cdot \frac{1}{1,8} =$$

$$\approx 0,178 \text{ кВт.}$$

За каталогом вибрано мотор-редуктор черв'ячний (рис.5.2) NMRV 050 - 40 - 35 - 0.25 [21]

- електродвигун потужністю 0,25 кВт
- частота обертання вихідного валу 35 об/хв
- передаточне число редуктора $i=40$
- крутний момент на вихідному валу 29 Н·м.



Рис.6.2. Мотор-редуктор черв'ячний NMRV 050 - 40 - 35 - 0.25

6.2. Розрахунок ланцюгової передачі для роликового конвеєра

Вихідні дані:

$N = 0,25$ кВт – потужність двигуна;

$n = 35$ об/хв – частота обертання вихідного вала;

$u = 1$ – передаточне число.

1. Крутний момент на вихідному валу [22] :

$$T = 9550 \cdot N \cdot \eta / n = 9550 \cdot 0.25 \cdot 0.65 / 35 = 44.3 \text{ Нм};$$

2. Визначу коефіцієнт експлуатації:

$$k_e = k_d \cdot k_a \cdot k_n \cdot k_p \cdot k_z \cdot k_{зи}, \quad (5.5)$$

де k_e – коефіцієнт експлуатації. Залежить від умов експлуатації.

За умовами експлуатації:

k_d – коефіцієнт динамічності навантаження. При покійному навантаженні

$$k_d = 1;$$

k_a – коефіцієнт, який враховує міжосьову відстань. При $a \leq 25t$, $k_a = 1,25$;

k_n – коефіцієнт, який враховує нахил передачі до горизонту. При $\alpha \leq 60^\circ$,

$$k_n = 1;$$

k_p – коефіцієнт, який залежить від способу регулювання натягу ланцюга.

При нерегульованій передачі, $k_p = 1$;

k_z – коефіцієнт, який враховує характер змащування. При періодичному змщуванні $k_z = 1.5$;

$k_{зи}$ - коефіцієнт, який залежить від тривалості роботи за добу. При

однорядній роботі $k_{зи} = 1$.

$$k_e = 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,875.$$

1. Попередньо приймаю ланцюг однорядний привідний роликів ISO 16A-1 нормальної серії з кроком $t = (8,0 \dots 63,5) \text{ мм} = t = 25,4 \text{ мм}$

2. Прийму число зубців зірочок: $z = 18$.

3. Розрахунковий крок ланцюга:

$$t_p \geq 183 \cdot \sqrt[3]{\frac{10 \cdot k_e \cdot N}{S_t \cdot [p] \cdot z \cdot n \cdot k_m}} \quad (5.6)$$

Для ланцюга ПР за:

$$S_t = 0,28$$

$[p] = 32 \text{ МПа}$ - допустимий питомий тиск в шарнірах ланцюга

при $t = 25,4 \text{ мм}$ та $n = 35 \text{ об/хв}$.

$k_m = 1$ – коефіцієнт, який враховує число рядів ланцюга.

$$t_p = 183 \cdot \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 1,875 \cdot 0,25}{0,28 \cdot 32 \cdot 18 \cdot 35 \cdot 1}} = 17,2(\text{мм})$$

Умова $19,05 > 17$, виконується з хорошим запасом міцності (близько 8%).

З конструктивних міркувань приймаю $t_p = 19,05 \text{ мм}$ та виберу ланцюг ISO 16A-1, руйнівне навантаження $Q = 31,8 \text{ кН}$, погонна маса $q = 1,5 \text{ кг/м}$.

4. Перевірний розрахунок ланцюгової передачі на запас міцності:

Необхідна умова:

$$n = \frac{Q_{\text{руйн}}}{F_{\Sigma}} \geq [n] \quad , \quad (5.7)$$

$$\text{де } F_{\Sigma} = K \cdot F_t + S_{\text{ц}} + S_0 \quad (5.8)$$

K – коефіцієнт, який враховує характер передавального навантаження;

$K = 1$ - при спокійному навантаженні;

$$F_t = \frac{1000 \cdot N}{v} \text{ - колова сила, Н;}$$

$$\text{де } v = \frac{z \cdot n \cdot t}{60 \cdot 1000} \text{ - колова швидкість ланцюга, м/с.}$$

$$v = \frac{18 \cdot 35 \cdot 25,4}{60 \cdot 1000} = 0,267 \text{ м/с.}$$

$$F_t = \frac{1000 \cdot 0,25}{0,267} = 936 \text{ Н.}$$

$S_{\text{ц}}$ – натяг від центробіжних сил

При $v \leq 12 \text{ м/с}$ ($0,267 \text{ м/с} < 12 \text{ м/с}$) величиною $S_{\text{ц}}$ можна знехтувати:

$$S_{\text{ц}} = 0.$$

$S_0 = k_f \cdot q \cdot g \cdot a$ - величина початкового натягу ланцюга, Н

$k_f = 6$ – коефіцієнт, який залежить від провисання ланцюга (для горизонтальної передачі).

$$S_0 = 6 \cdot 1,5 \cdot 9,81 \cdot 0,160 = 14,1 \text{ Н}$$

$$F_{\Sigma} = K \cdot F_t + S_y + S_0$$

$$F_{\Sigma} = 1 \cdot 1250 + 0 + 14,1 = 1264 \quad \text{Н}$$

$$n = \frac{31800}{1264} = 25,2$$

$[n]$ - допустимий коефіцієнт запасу міцності

При частоті обертання $n=35$ об/хв та кроку ланцюга $t=19,05$ мм, маю $[n]=7$ $n \geq [n]$

$25,2 > 7$ - умова виконується

5. Перевірний розрахунок строку служби

Термін служби ланцюга T (год):

$$T = 5200 \cdot \frac{\Delta t \cdot k_c \cdot \sqrt{z_1} \cdot \sqrt[3]{a_t \cdot u}}{p \cdot \sqrt[3]{v} \cdot k_e} \geq T_0 \quad (5.9)$$

$T_0 = 2000$ год - очікуваний термін служби

$\Delta t \leq 3\%$ - допустиме збільшення кроку ланцюга. Приму $\Delta t = 3\%$.

$k_c = \frac{k_{cn}}{\sqrt{v}}$ - коефіцієнт змащування $k_{cn} = 0,15$ - коефіцієнт, який

враховує

спосіб змащування;

$$k_c = \frac{0,15}{\sqrt{0,2}} = 0,335$$

Міжосьова відстань виражена в кроках:

$$a_t = \frac{a}{t} = \frac{160}{19,05} = 8,4$$

Питомий тиск в шарнірах ланцюга:

$$p = \frac{F_t}{S_{on}} = \frac{1250}{50,3} = 24,8 \quad \text{МПа, де}$$

$S_{on} = 106$ мм² - проекція опорної поверхні шарніра.

Отже:

$$T = 5200 \cdot \frac{3 \cdot 0,29 \cdot \sqrt{18} \cdot \sqrt[3]{8,4}}{8,8 \cdot \sqrt[3]{0,267} \cdot 1,875} = 3670 \text{ год};$$

$$T \geq T_o;$$

3670 год > 2000 год - умова виконується.

6.3. Геометричний розрахунок зірочок ланцюгової передачі:

Міжосьова відстань: $a = 160 \text{ мм}$

Число зубців: $z = z_1 = z_2 = 18$

Передаточне число: $u = 1$

Довжина ланцюга виражена в кроках:

$$L_t = \frac{2a}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{a} \quad (5.10)$$

$$L_t = \frac{2L}{t} + z \quad (5.11)$$

$$L_t = \frac{2 \cdot 160}{25,4} + 18 = 30,6. \quad (5.12)$$

Округлюємо до 32.

Уточнена міжосьова відстань: Після вибору парної кількості ланок (32):

$$a = 0,5 \cdot t \cdot (L_p - z) = 0,5 \cdot 25,4 \cdot (32 - 18) = 177,8 \text{ мм}$$

Кут повороту ланок ланцюга на зірочках:

$$\phi = \frac{360}{z} = \frac{360}{18} = 20^\circ$$

Діаметр ділительного кола зірочок:

$$D_d = \frac{24,5}{\sin\left(\frac{180}{z}\right)} \quad (5.13)$$

$$D_d = \frac{24,5}{\sin\left(\frac{180}{18}\right)} = 146,83 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр зірочки по вершинах зубців:

$$d_a = t \cdot [0,5 + \text{ctg}(180^\circ/z)] = 25,4 \cdot [0,5 + 5,671] \approx 156,75 \text{ мм}$$

Для ланцюга ISO 16A-1 діаметр ролика $d_p = 15,88$.

Діаметр западин:

$$d_f = d - d_1 = 146,83 - 15,88 = 130,95 \text{ мм}$$

Для ланцюга ISO 16A-1 ширина між внутрішніми пластинами $b_1 = 15,88$ мм.

Ширина зубця зірочки ^

$$B_z = 0,93 \cdot b_1 - 0,15 = 0,93 \cdot 15,88 - 0,15 \approx 14,6 \text{ мм}$$

6.4. Розрахунок захвату робота

Вихідні дані:

Кількість гофрокоробок які переносяться одночасно: 4 шт та 3 шт.

Маса вантажу $m = 9$ кг;

Для переміщення групи коробок був вибраний захватна плита OSTOPUS [23].

Він має наступні переваги: дозволяє захоплювати об'єкти будь-якої форми, навіть якщо фактична контактна площа складає лише близько 5% поверхні плити, у нас палетування зі змінною схемою укладання (2x2, та трійкою).

Гофрокоробка має мікронерівності, клейку стрічку по центру (скоч) по центру, невеликий вигин кришки.

Алюмінієва вакуумна плита OSTOPUS з каліброваними отворами та клапанами покрита спеціальним перфорованим спіненим еластомерним матеріалом, що забезпечує герметизацію зони контакту та компенсацію нерівностей поверхні вантажу, адаптується до нерівних і шорстких поверхонь. Крім того OSTOPUS автоматично перекриває клапани, де немає контакту і не дає впасти рівню вакууму при зміні укладки з 2x2 на «трійку» (дві коробки вздовз та одна поперек) рис. 6.3.

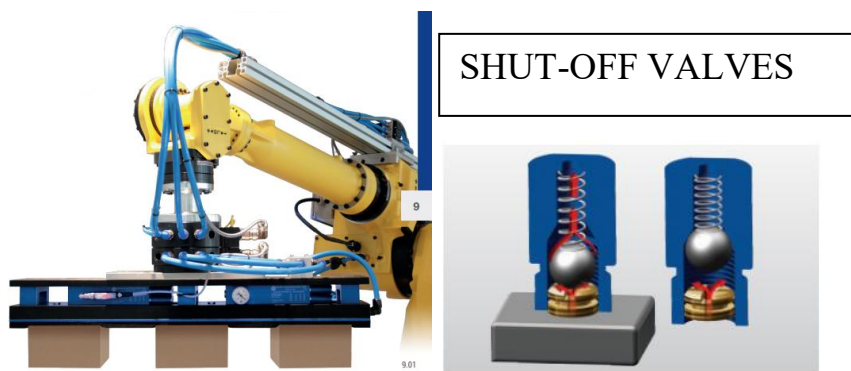


Рис.6.3. Вакуумна плита OSTOPUS PXE з каліброваними отворами та клапанами автоматичного перекриття SHUT-OFF VALVES

Принцип роботи клапанів автоматичного перекриття SHUT-OFF VALVES. Якщо отвір не притиснутий до вантажу, то клапан закривається і рівень вакуумування не падає на інших отворах, витрата повітря менша.

Зона захвату 2x2 гофрокоробки:

по довжині $330 \cdot 2 = 660$ мм, по ширині $182 \cdot 2 = 364$ мм.

Маса групи вантажів – 36кг.

Зона захвату в «трійку»:

по довжині $330 + 182 = 512$ мм , по ширині $182 \cdot 2 = 364$ мм.

Маса групи вантажів – 27кг.

Ставимо 2 паралельні вакуумні балки з клапанами. Наявність клапанів (ХЕ) дозволяє автоматично перекривати отвори і вакуум не падає.

Для стандартних пінорезинових плит РХ/Р2Х зазначено, що підйомна сила розрахована при вакуумі не менше -75 kPa та з коефіцієнтом запасу 3 вже закладена [24]. Вибараємо для маси $m \approx 36 \cdot 3 = 108$ кг.

За таблицею Vuototecnica для OSTOPUS gripping bars (рис. 6.4.) [25] для забезпечення стабільного процесу переорієнтування гофроящиків беремо балку Р2ХЕ 12 1000 - пінорезина 30 мм; серія ширини профілю – 12 мм, стандартна серія (середня вантажність); довжина балки - 1000 мм, вантажепідйомність 80–90 кг.



Рис. 6.4. Балка Р2ХЕ 12 1000

балку шириною 120, яка перекриває $120/182 \approx 66\%$ ширини коробки, дає запас по контакту, і працюватиме з різними видами розкладки

Вибрано балки OSTOPUS GRIPPING BARS

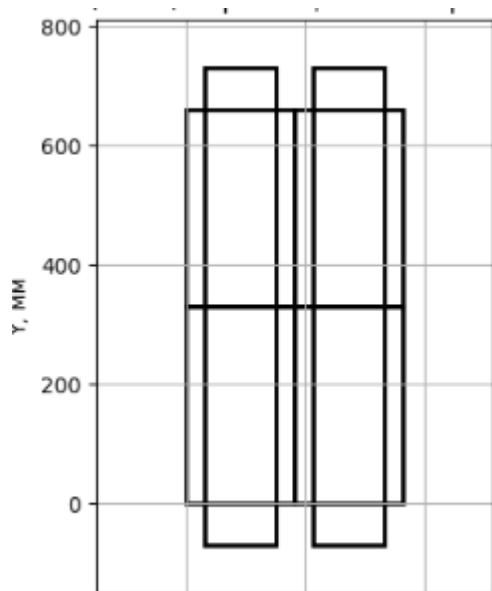


Рис. 6.5. Схема розташування балок прик розкладці гофрокоробок 2x2.

Для схеми вкладання в «трійку» будуть використані ті ж балки, але:

балка №1 активна (2 коробки)

балка №2 частково активна (1 коробка)

Через наявність клапанів відсікання (ХЕ) отвори без контакту автоматично закриваються вакуум не падає.

Тому одна й та сама система працює і для 4, і для 3 коробок.

6.5. Розрахунок пневмоциліндра пристрою переорієнтування групи пачок

Вихідні дані:

Маса вантажу $m_n = 9 \cdot 2 = 18$ кг

Тиск в системі (P): 0.5...0.6 МПа

ККД системи (η): ≈ 0.85

Коефіцієнт запасу: $k_{\text{зап}}=1.5$

Коефіцієнт тертя ковзання картону по нержавіючій сталі: $\mu =0.4$

Розрахункова схема зображена на рис. 6.6.

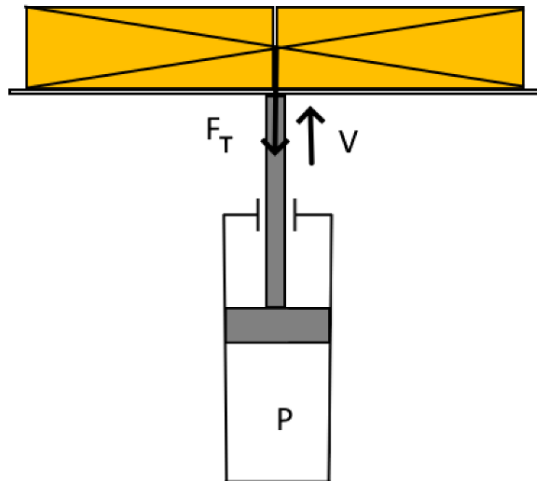


Рис. 6.6. Розрахункова схема пневмоциліндра пристрою переорієнтування групи пачок

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot m_{\text{п}} \cdot g \quad (5.14)$$

$$F_{\text{тр}} = 0,4 \cdot 18 \cdot 9,81 = 70,6 \text{ Н}$$

Діаметр поршня пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot k_{\text{зап}} \cdot F_{\text{тр}}}{\pi \cdot P \cdot \eta}} \quad (5.15)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.5 \cdot 70.6}{\pi \cdot 0.6 \cdot 0.85}} = 16.26 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр – 20 мм.

Хід пневмоциліндра $L = 33 \cdot 2 = 66 \text{ см} = 660 \text{ мм}$

Вибираємо за каталогом МІНІЦИЛІНДР 25N2A20A700 [26].

Площа поршня:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0.02^2}{4} = 3.14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Максимальне штовхаюче зусилля :

$$F \approx 6 \cdot 10^5 \cdot 3.14 \cdot 10^{-4} \cdot 0.85 \approx 160 \text{ Н}$$

Висновок до розділу 6.

У розрахунковій частині виконано вибір та обґрунтування основних параметрів складових вузлів автоматизованої лінії. Визначено потужність привода роликового конвеєра та параметри ланцюгової передачі з перевіркою на міцність і довговічність.

Розраховано параметри вакуумного захватного пристрою з урахуванням переміщення 4 гофрокоробок одночасно та забезпечено необхідний коефіцієнт запасу утримувальної сили. Також визначено зусилля і діаметр пневмоциліндра механізму переорієнтування.

Отримані результати підтверджують працездатність і надійність прийнятих конструктивних рішень при продуктивності 20 транспортних пакетів за годину.

РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ КЛЮЧОВОЇ ДЕТАЛІ СКЛАДАЛЬНОЇ ОДИНИЦІ МАШИНИ

7.1. Вибір деталі

В якості деталі, для якої буде розроблятися технологічний маршрут виготовлення, мною була вибрана деталь «зірочка».

Конструкція деталі є досить простою і жорсткою, забезпечує вільний доступ інструменту до всіх оброблюваних поверхонь. Сукупність поверхонь деталі, дають легкий вибір технологічних баз. Для обробки використовуються спеціальні станки: довбальний та зубофрезерний. Обробку циліндричних поверхонь будемо проводити на токарних станках, шпонковий паз на довбальному, зуби фрезеруються на зубофрезерному. Конструкція деталі дозволять здійснити автоматичний контроль і зручна у виготовленні. конфігурація деталі забезпечує легке видалення стружки.

На основі проведеного аналізу деталі, її можна вважати технологічною.

7.2. Підбір заготовки та спосіб її виготовлення

В якості заготовки з якої буде виготовлятися деталь вибираємо штамповку. Перевагами штамповки над заготовкою з прокату є її менша вартість, а також менша кількість зайвого матеріалу. Також буде економічний ефект від високої ефективності робочого процесу та стійкості інструменту.

Деталь “Зірочка” виготовляється з матеріалу Сталь 45 за ДСТУ 7809:2015. Сталь 45 – вуглецева конструкційна якісна сталь. Із цієї сталі виготовляють деталі високої міцності та в’язкості, які працюють за середнього тиску і невеликих швидкостей. Вона добре протистоїть вигину та крученню. Стійкість деталі “Зірочка” збільшується” якщо її піддати термічному обробленню.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Деренієська А.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	Розробник документа Зорін К.О.	Назва, додаткова назва Розділ 6	074. КР. ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
					UA	60

Таблиця 7.1. Хімічний склад сталі 45

Масова частка елементів. %								
Вуглець С	Силіцій Si	Манган Mg	Сірка S	Фосфор P	Мідь Cu	Нікель Ni	Хром Cr	Азот N
0,32... 0,4	0,17... 0,37	0,5...0, 8	0,04	0,035	0,25	0,25	0,25	0,08

Таблиця 7.2. Механічні властивості сталі 45

Гранична міцність σ_B , МПа	Гранична Текучість σ_T , МПа	Відносне видовження σ , %	Відносне звуження ψ , %	Твердість НВ
580	315	17	38	167...207

7.3. Розрахунок припусків.

Розрахунок [27] загального припуску литої заготовки проведемо по найточнішому розміру $\emptyset 36H7$.

Припуск на розвертання

$$2Z_{3\min} = 2 \left(R_{z2} + D_2 + \sqrt{T_{\text{пр}2}^2 + \epsilon_{y3}^2} \right),$$

де R_{z2} , D_2 , $T_{\text{пр}2}$ – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка при напівчистовому точінні;

ϵ_{y3} – похибка установлення при розвертанні.

За таблицею вибираємо для лиття по витоплювальних моделях $R_{z2} = 10$ мкм, $D_2 = 20$ мкм. При установленні деталі в патрон $T_{\text{пр}2} = 100$ мкм і $\epsilon_{y3} = 100$ мкм.

Тоді маємо

$$2Z_{3\min} = 2(10 + 20 + \sqrt{100^2 + 100^2}) = 343 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3\max} = 2Z_{2\min} + T_2 - T_3,$$

де T_2 – допуск розміру при напівчистовому точінні, $T_2 = IT10 = 100$ мкм

T_3 – допуск при розвертанні, $T_3 = IT7 = 25$ мкм

$$2Z_{3\max} = 343 + 100 - 25 = 418 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3\text{ном}} = \frac{2Z_{3\max} + 2Z_{3\min}}{2} = \frac{418 + 343}{2} = 381 \text{ мкм}$$

Припуск на напівчистове точіння

$$2Z_{2\min} = 2 \left(R_{z1} + D_1 + \sqrt{T_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{y2}^2} \right),$$

де R_{z1} , D_1 , $T_{\text{пр}1}$ – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка при чорновому точінні;

ε_{y2} – похибка установлення при чистовому точінні.

За таблицею вибираємо для лиття по виплавлюваних моделях $R_{z1} = 25$ мкм, $D_1 = 25$ мкм. При установленні деталі в патрон $T_{\text{пр}1} = 100$ мкм і $\varepsilon_{y2} = 100$ мкм.

Тоді маємо

$$2Z_{2\min} = 2(25 + 25 + \sqrt{100^2 + 100^2}) = 383 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + T_1 - T_2,$$

де T_1 – допуск розміру при чорновому точінні, $T_1 = IT12 = 250$ мкм

$$2Z_{2\max} = 383 + 250 - 100 = 533 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\text{ном}} = \frac{2Z_{2\max} + 2Z_{2\min}}{2} = \frac{533 + 383}{2} = 458 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове точіння

$$2Z_{1\min} = 2 \left(R_{z0} + D_0 + \sqrt{T_{\text{пр}0}^2 + \varepsilon_{y1}^2} \right),$$

де R_{z0} , D_0 , $T_{\text{пр}0}$ – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка лиття;

ε_{y1} – похибка установлення при чорновому точінні.

За таблицею вибираємо для лиття по виплавлюваних моделях $R_{z0} = 30$ мкм, $D_1 = 100$ мкм.

Просторову похибку при литті маємо $T_{\text{пр}0} = IT13 = 390$ мкм

При установленні деталі в патрон $\varepsilon_{y1} = 100$ мкм.

$$2Z_{1min} = 2(30 + 100 + \sqrt{390^2 + 100^2}) = 1065 \text{ мкм}$$

Тоді загальний припуск

$$2Z_{\text{сум}} = \sum 2Zi_{\text{НОМ}} = 381 + 458 + 1065 = 1904 \text{ мкм}$$

Приймаємо $2Z_{\text{сум}} = 2$ мм.

Маса деталі:

$$M_{\text{дет}} = V_{\text{д}} \cdot \rho = 0.000120274 \cdot 7800 = 0,938 \text{ кг}$$

Маса заготовки: 0.038

$$M_{\text{заг}} = V_{\text{з}} \cdot \rho = 0,000147174 \cdot 7800 = 1,148 \text{ кг кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{м}} = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{заг}}} = \frac{0,938}{1,148} = 0,817.$$

РОЗДІЛ 7. МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТ МАШИНИ

Нормативно-правове забезпечення (Україна)

Монтаж та експлуатація пакетоформуєчих машин здійснюється відповідно до:

Закон України «Про охорону праці»

Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності»

Технічний регламент безпеки машин (Постанова КМУ №62 від 30.01.2013)

НПАОП 40.1-1.21-98 – Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів

Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС)

ДСТУ EN 60204-1 – Безпечність машин. Електрообладнання машин

ДСТУ EN ISO 12100 – Загальні принципи конструювання. Оцінювання ризиків

ДСТУ EN 415 (серія) – Безпечність пакувальних машин

НПАОП 0.00-1.80-18 – Обладнання, що працює під тиском (для пневмосистем)

Пакування транспортного пакету є критично важливою частиною виробничої системи підприємства, що визначає його продуктивність, стабільність та якість кінцевого продукту.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Деренівська А.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	Розробник документа Зорін К.О.	Назва, додаткова назва Розділ 7	074. КР. ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
					UA	64

Тому питання монтажу, правильної експлуатації, своєчасного технічного обслуговування та ремонту окремих модулів лінії потребують постійної уваги з боку обслуговуючого персоналу та інженерного складу.

Установлення, налаштування та обслуговування обладнання здійснюється відповідно до технічної документації виробника, регламентів експлуатації та санітарно-гігієнічних норм харчового виробництва.

7.1 Монтаж

Перед монтажем пакувальної лінії виконується підготовка виробничої площі:

Робоча поверхня повинна бути горизонтальною та твердою, із відповідним покриттям, яке дозволяє легке очищення.

Обов'язково повинні бути передбачені:

Підвід електроенергії відповідної потужності;

Контур заземлення для безпечної експлуатації;

Водовідвід для прибирання та аварійного зливу;

Достатнє освітлення та вентиляція.

Монтаж кожного з модулів лінії (дозатор, пакувальний автомат, транспортер, маркувальник) проводиться поетапно, з точним дотриманням схем підключення. Перед запуском рекомендовано зафіксувати всі компоненти лінії на фундаменті або антивібраційних опорах для запобігання зсуву під час роботи. Навколо обладнання має залишатися достатній технологічний простір для обслуговування, огляду та ремонтних робіт. Перед подачею живлення слід впевнитися у правильному підключенні всіх систем,

перевірити електричні з'єднання, наявність заземлення та стан аварійного відключення.

7.2 Експлуатація та обслуговування

Правильна експлуатація є основою безперебійної роботи автоматизованої пакувальної лінії. Після ввімкнення електроживлення все обладнання повинно бути заземлене. Усі дії оператора та обслуговуючого персоналу регламентуються інструкцією з експлуатації.

Перед початком зміни необхідно:

Провести зовнішній огляд лінії, перевірити цілісність усіх вузлів.

Очистити робочу зону від сторонніх предметів.

Провести пробний пуск на холостому ході (2–3 хв) усіх вузлів окремо.

Перевірити та налаштувати направляючі, дозуючі системи та вузол запаювання.

Під час роботи:

Постійно спостерігати за коректністю функціонування обладнання.

Усувати незначні збої в режимі реального часу.

Вчасно поповнювати бункери продуктом і пакувальним матеріалом.

Контролювати чистоту дозаторів, шнеків, транспортерів, зони запаювання.

Після завершення зміни:

Очистити робочі поверхні від залишків продукту.

Здійснити візуальний огляд технічного стану вузлів.

Вимкнути живлення і від'єднати обладнання від електромережі (при потребі).

7.3 Ремонт та технічне обслуговування

Довговічність та ефективність роботи пакувальної лінії значною мірою залежать від регулярного технічного догляду та профілактичних оглядів. Всі регламентні роботи повинні проводитися згідно з технічною документацією та журналом обліку ТО.

Щозмінний догляд включає:

Очищення робочих поверхонь;

Перевірку натягу транспортерної стрічки;

Змащення рухомих частин (при потребі);

Усунення дрібних збоїв і регулювання дозаторів.

Щотижневе технічне обслуговування:

Перевірка всіх кріпильних з'єднань та їх підтягування.

Перевірка натягу ланцюгів і пасів.

Огляд вузлів пневмосистеми (герметичність з'єднань).

Перевірка стану електропроводки, контактних елементів.

Щомісячне профілактичне обслуговування:

Повна перевірка несучих конструкцій, стабільності опор.

Зняття та очищення вузлів, що підлягають інтенсивному зносу.

Заміна змащувальних матеріалів у вузлах тертя.

Перевірка програмного забезпечення, оновлення ПЛК та НМІ (за потреби).

Усі ремонтні роботи повинні виконуватися фахівцями відповідної кваліфікації з дотриманням техніки безпеки. На період виконання ремонтів лінія виводиться з експлуатації, подача енергії повністю відключається.

Висновок до розділу 7

У розділі розглянуто вимоги до монтажу, експлуатації, технічного обслуговування та ремонту автоматизованої лінії формування транспортних пакетів. Визначено порядок встановлення обладнання на підготовлену основу з урахуванням вимог до горизонтальності, точності позиціонування та узгодження з транспортними системами.

Проаналізовано умови безпечної експлуатації обладнання, регламентовано періодичність технічного обслуговування та контроль стану основних вузлів — приводів, ланцюгових передач, вакуумної системи, пневмообладнання та системи керування. Визначено типові несправності та заходи щодо їх усунення.

Запропоновані організаційно-технічні заходи забезпечують підвищення надійності роботи лінії, зменшення аварійних простоїв, продовження ресурсу основних механізмів та відповідність вимогам безпеки праці..

РОЗДІЛ 8.ОХОРОНА ПРАЦІ

Закон “ Про охорону праці” складається з преамбули та 8 розділів: “Загальні положення”, “Гарантії прав громадян на охорону праці”, “Організація охорони праці”, “ Організація охорони праці на виробництві”, “Стимулювання охорони праці”, “ Державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці”, “Державне управління охороною праці”, “Державний нагляд і громадський контроль за охороною праці”, “Відповідальність працівників за порушення законодавства про охорону праці”. Закон України «Про охорону праці» — це самостійна гілка в законодавстві України про працю. Закон визначає основні положення конституційного права громадян на охорону життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці, а також встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. [28, 29]

Інструктажі з охорони праці проводяться з усіма працівниками підприємства.

Організація навчання безпеки праці. Інструктажі підрозділяються на:

3. вступний;
4. первинний на робочому місці;
5. повторний;
6. позаплановий;
7. цільовий.

Вступний інструктаж проводиться з усіма працівниками, щойно прийнятими на роботу (постійну або тимчасову).

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Деренівська А.В.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	<i>Розробник документа</i> <i>Зорін К.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Розділ 8	074. КР. ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Кривопляс-Володіна Л.О.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 69

Вступний інструктаж проводить спеціаліст з охорони праці або людина, призначена наказом для проведення цієї роботи. Місце проведення вступного інструктажу - кабінет охорони праці або обладнане наочними матеріалами інше приміщення. Програму та тривалість інструктажу затверджує керівник підприємства.

Первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з новоприйнятим працівником або працівником, який буде виконувати нову для нього роботу;

Програма первинного інструктажу розробляється керівником цеху чи дільниці, узгоджується зі службою охорони праці і затверджується керівником підприємства, навчального закладу або їх відповідного структурного підрозділу.

Повторний інструктаж проводять на робочому місці із усіма працівниками: на роботах із підвищеною небезпекою - один раз на квартал; на інших роботах - один раз на півріччя. Проводиться індивідуально або з групою працівників, що виконують однотипні роботи, за програмою первинного інструктажу в повному обсязі.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці:

при введенні в дію нових або змінених нормативних актів про охорону праці;

при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на охорону праці;

при порушенні працівником нормативних актів, що може призвести до травми, отруєння або аварії; на вимогу працівника органу державного нагляду або вищої державної чи господарської організації при виявленні недостатнього знання працівником безпечних прийомів праці і нормативних актів про охорону праці;

при перерві в роботі виконавця робіт більше ніж 30 календарних днів (для робіт з підвищеною небезпекою), а для решти робіт - понад 60 днів.

Цільовий інструктаж проводять із працівниками:

при виконанні разових робіт, що не пов'язані безпосередньо зосновними роботами працівника;

при ліквідації наслідків аварії і стихійного лиха;

при виконанні робіт, що оформляються нарядами-допуском, письмовим дозволом та іншими документами;

у разі екскурсій або організації масових заходів з учнями та вихованцями (походи, спортивні заходи тощо).

Цільовий інструктаж фіксується нарядами-допуском або іншою документацією, що дозволяє проведення робіт.

Керування охороною праці в цеху здійснює її керівник. Для організації роботи з охорони праці створено службу охорони праці. Служба охорони праці організації підкоряється безпосередньо керівникові організації або з його доручення одному з його заступників.

Служба здійснює свою діяльність у взаємодії з іншими підрозділами організації, уповноваженими особами по охороні праці професійних союзів

або інших уповноважених працівниками представницьких органів, службою охорони праці вищестоящої організації.

Працівники Служби у своїй діяльності керуються законами й іншими нормативними правовими актами про охорону праці, угодами (генеральним, регіональним, галузевим), колективним договором, угодою по охороні праці, іншими локальними нормативними правовими актами організації.

Фінансування охорони праці роботодавцем. Фінансування профілактичних заходів з охорони праці, загальнодержавної, галузевих та регіональних програм покращення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, інших державних програм, спрямованих на попередження нещасних випадків та професійних захворювань, вимагається, в порядку виконання з іншими джерелами фінансування, визначеними законодавством, у

державному порядку. і місцевих бюджетах.

Для підприємств, незалежно від форм власності, або фізичних осіб, які використовують найману працю, витрати на охорону праці становлять не менше 0,5 відсотка від суми реалізованої продукції. На підприємствах, що утримуються за рахунок бюджету, витрати на охорону праці передбачаються в державному або місцевих бюджетах і становлять не менше 0,2 відсотка від фонду оплати праці. Суми витрат з охорони праці, що належать до валових витрат юридичної чи фізичної особи, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, визначаються згідно з переліком заходів та засобів з охорони праці, що затверджується Кабінетом Міністрів України.

Витрати виробництва: матеріальні затрати на удосконалення технологій та організацію виробництва, винахідництво та раціоналізацію,

підтримку основних виробничих фондів у робочому стані, утримання засобів колективного захисту.

На підприємстві кошти вказаного фонду використовуються тільки на виконання заходів, що забезпечують доведення умов і безпеки праці до нормативних вимог або підвищення існуючого рівня охорони праці на виробництві.

Кошти галузевих і державного фондів охорони праці витрачаються на здійснення галузевих і національних програм з питань охорони праці, науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт, що виконуються в межах цих програм, на сприяння становленню і розвитку спеціалізованих підприємств та виробництв, творчих колективів, науково-технічних центрів, експертних груп, на заохочення трудових колективів і окремих осіб, які пліднопрацюють над розв'язанням проблем охорони праці.

До шкідливих та небезпечних факторів, які існують у відділенні, де працює фасувально-пакувальний апарат, відносяться наступні:

електрична небезпека;

небезпека пожежі;

небезпека механічного пошкодження та отримання травми.

Мікроклімат виробничих приміщень, в основному, впливає на тепловий стан організму людини та її теплообмін з навколишнім середовищем.

Норми виробничого мікроклімату встановлено відповідно до Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень" (ДСН 3.3.6.042-99), що є складовою системи стандартів охорони праці України. Ці норми застосовуються до всіх

категорій виробництв, з урахуванням кліматичних зон та характеру фізичного навантаження працівників.

Оптимальні параметри мікроклімату забезпечують комфортне самопочуття працівника та підтримання його працездатності. Згідно з нормативами:

Температура повітря повинна бути в межах 18...22 °С;

Відносна вологість повітря — 40...60 %;

Швидкість руху повітря — 0,1...0,3 м/с.

У виробничому приміщенні дільниці температура повітря в холодний період року підтримується за допомогою водяної системи опалення, централізовано регулюється і зазвичай становить 18...21 °С.

У теплий період року температура в приміщенні досягає приблизно 23 °С і контролюється за допомогою централізованої вентиляційної установки, яка також забезпечує регулювання швидкості переміщення повітря та відносної вологості у межах 50...55 %, що відповідає нормам ДСН 3.3.6.042-99.

Виробниче приміщення цеху відноситься до:

II категорії за температурно-вологісними характеристиками (відповідно до ДСН),

III класу чистоти повітряного середовища, відповідно до умов експлуатації обладнання.

Параметри повітря в робочій зоні оператора відповідають вимогам ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" та ДСН 3.3.6.042-99.

Експлуатація обладнання здійснюється у закритому приміщенні за таких умов:

Температура повітря: від +5 °С до +35 °С;

Відносна вологість: від 35 % до 90 %, без конденсації вологи.

У робочій зоні оператора необхідно підтримувати наступні параметри мікроклімату для нормального функціонування устаткування та забезпечення безпеки праці.

Приміщення обладнане системами опалення відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування".

Вентиляція виробничих приміщень є ефективним засобом підтримки чистоти повітря й профілактики захворювань. Вона також повинна забезпечувати теплову рівновагу організму з навколишнім середовищем. Для підтримки необхідних параметрів повітряного середовища у виробничих приміщеннях існують різні системи вентиляції, які диференціюють: по способу надходження повітря (природний та штучний), місцю дії (місцеве й загальне), призначенню (приточная, витяжна, приточно-витяжна).

Виробничі приміщення харчових підприємств обладнують системами турбулентної й ламінарної вентиляції.

При турбулентному потоці очищене повітря містить до 1000 часток в 1 л, при подачі повітря ламінарним потоком по всьому обсязі приміщення зміст часток у повітрі в 100 разів менше.

Показниками вентиляції є обсяг і кратність повітрообміну. Обсяг вентиляційного повітря розраховують по вмісту вуглекислоти, як непрямого показника чистоти повітря в приміщенні.

У цьому випадку ціль вентиляції забезпечити вміст вуглекислоти, не перевищуючу норму (0,1 %).

Кратність показує, скільки разів повітря в приміщенні обмінюється протягом години.

Одним з видів механічної вентиляції є кондиціонування - створення у виробничих приміщеннях повітряного середовища із заданими параметрами. Для освітлення дільниць слід застосовувати лампи розжарювання у вибухозахисній арматурі. Розподільні електрошафи, вимикачі, штепсельні розетки і запобіжники слід розташовувати поза дільницею.

Дільниця площею 56 м² освітлюється 12-ма світильниками з лампамиЛДЦ40 з двома лампами в кожному.

Вібрація серед всіх видів механічних впливів для технічних об'єктів найбільш небезпечна.

Гігієнічну оцінку вібрації, що діє на людину у виробничих умовах, згідно здійснюють за одним з наступних методів:

частотним (спектральним) аналізом нормованого параметра;

інтегральною оцінкою за частотою нормованого параметра;

дозою вібрації.

Для зниження вібрацій застосовується динамічне віброгасіння. Динамічне віброгасіння досягається встановленням агрегату на масивному фундаменті. Маса фундаменту підбирається таким чином, щоб амплітуда коливань підшоши фундаменту не перевищувала 0,1...0,2 мм.

Для досягнення цих цілей установка встановлена на фундаменті, товщина якого складає 350 мм та на гумових опорах.

Виробничим шумом називається шум на робочих місцях, на ділянках або на територіях підприємств, котрий виникає під час виробничого процесу. Граничні величини шуму на робочих місцях регламентуються.

В ньому закладено принцип встановлення певних параметрів шуму, виходячи з класифікації приміщень за їх використанням для трудової діяльності різних видів. Основними джерелами шуму на ділянці є фасувальна машина та вентиляційне устаткування. Параметри звукового тиску наведено у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Рівні звукового тиску

Устаткування - джерело шуму	Кількість	Рівень звукового тиску, дБ
Електродвигуни витяжної вентиляції	4	75
Фасувальна машина	1	71

Основним методом боротьби з шумом від обладнання, що працює в виробничому приміщенні, є шумопогливні захисні кожухи. Ці кожухи, в свою чергу, оздоблені шумопоглинаючими матеріалами (пінопласт, склотканина). Але і об'єм приміщення відіграє немаловажне значення в боротьбі з шумом. При роботі машини рівень звукового тиску рівномірно розподіляється по всьому об'єму і не викликає у працівників ніяких незручностей. Рівень виробничого шуму можна орієнтовно зумовити. Рівень

людської мови має рівень звуку приблизно 70 дБА. Якщо у виробничому приміщенні можна спокійно розмовляти, то рівень шуму не перевищує 65...70 дБА. Отже можна зробити висновок, що рівень шуму сягає 70...80 дБА. Цей показник не перевищує допустимий рівень шуму для виробничих приміщень (80 дБА).

На ділянці не встановлено посудин, які працюють під тиском.

По всій довжині виробничого приміщення знаходяться вікна, які починаються на висоті 1,5 м від підлоги. Висота вікон становить 2 м. Стіни пофарбовано масляною фарбою. Стеля побілена крейдяним розчином білого кольору. Підлога виконана з зі зносостійкого армобетону, неслизька, щільна, легко очищується.

Не зважаючи на передбачені конструкцією заходи, при експлуатації машини існує ризик травмування, що пов'язаний з роздавлюванням або пораненням при фасуванні.

Машину необхідно використовувати тільки у технічно бездоганному стані, а також у відповідності з призначенням. Терміново усувати неполадки, що можуть відбитися на безпеці оператора.

Використання установки для непередбачених конструкцією видів робіт недопустиме. Зараз безпека праці забезпечується за рахунок:

Вмикання машини двома руками (метод зайнятості двох рук). Включення механізму відбувається двома руками. Відпускання кнопок (ручок), або хоч однієї з них веде до негайної зупинки. Подальше закінчення циклу можливе після повного відпускання обох кнопок. Машину неможливо включити, якщо кнопки натиснуті одночасно — з інтервалом більш 0,5 с.

Наявності світлової завіси перед зоною фасування із застосуванням інфрачервоних променів, які, будучи невидимими, не сліплять очей оператора.

Інфрачервоний захист забезпечує безпечну роботу на машині, зупиняючи процес фасування при потраплянні рук оператора в небезпечну зону.

Інфрачервоні промені світлодатчика утворюють світловий заслін небезпечної зони і попадають на фотодіоди світлоприймача. Якщо всі фотодіоди освітлені, то утворюється електричний ланцюг для нормальної роботи машини.

Якщо хоча б один інфрачервоний промінь перекритий, то ланцюг дозволу обертання валиків обривається.

При цьому включити машину на робочий хід неможливо, а якщо в цей час відбувається процес фасування, то установка зупиниться, а балка притискача підніметься у верхнє положення. Фасування можна продовжити тільки після відпускання кнопок і повторного їх натискання.

3) Вмикання машини тільки на один цикл.

Наявність ефективного швидкодійного гальма на привідному валу механізму. Електромагнітне гальмо, може бути колодковим або у вигляді комбінованої електромагнітної муфти – гальма. Колодкове гальмо використовувалось у вигляді спеціального механізму, що має привід від електромагніта. В останніх моделях установок гальмо змонтовано з електромагнітною муфтою у вигляді одного вузла і спрацьовує автоматично після закінчення фасування [2].

Всі установки використовують гальмо так званого "нормально закритого типу", тобто увесь час механізм знаходиться в загальмованому стані, тільки при включенні механізму на робочий хід він розгальмовується і знову повертається у своє положення після прокручення валика.

Наявність спеціального пристосування для полегшення знімання і установки валиків забезпечує безпечну, швидку і зручну заміну валиків.

Аварійний вимикач.

Огородження приводу попереджує можливість потрапляння одягу або частин тіла оператора у клинопасову передачу

Фасувально-пакувальна дільниця відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом через дві умови: підвищену небезпеку струмопровідної бетонної підлоги і можливість дотику до струмопровідних частин за наявності на них напруги.

Клас зони приміщення по ПУЕ - П-II А (Клас П-IIа - зони приміщень, в котрих є тверді або волокнисті горючі речовини. Горючий пил і волокна не виділяються)

Згідно для забезпечення захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин за наявності в них напруги застосовуються такі методи захисту:

захисна оболонка (ізоляція);

захисні огорожі (при використуванні високовольтної лінії);

безпечне розташування струмопровідних частин;

захисне відключення апаратури;

засоби сигналізації, що вказують на стан устаткування, положення органів управління, про порушення робочих режимів, аварії.

Для захисту від ураження працюючого персоналу електричним струмом при дотику до струмоведучих частин використовують ізоляцію робочого місця, заземлення, занулення, засоби індивідуального захисту (діелектричні килимки, рукавички, спецвзуття).

При використанні електроприладів у виробничому приміщенні виконуються всі правила техніки безпеки. У випадку зникнення струму установку оснащено запобіжним пристроєм. Розмикаються всі контактори, внаслідок чого відключаються всі приводні механізми. У випадку перевантаження електродвигунів понад певний проміжок часу включається термозахист. Це веде до відключення всіх електродвигунів відповідної машини. На випадок перевантаження в ланцюгах керування всі керуючі ланцюги захищені окремими запобіжниками. У разі виходу з ладу одного з електроприладів машина зупиняється, і на сенсорній панелі з'являється відповідне повідомлення.

На підприємствах харчової промисловості у процесі виробництва застосовуються легкозаймисті матеріали: папір, синтетичні плівки, фарби, а також рідини, які легко займаються.

Під час роботи на фасувально-пакувальній машині використовуються синтетичні плівки, а під час її технічного обслуговування — уайт-спірит та мастильні матеріали, що є легкозаймистими речовинами.

Відповідно до вимог Кодексу цивільного захисту України, Правил пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2004), а також ДСН 4487-87 "Система стандартів безпеки праці. Вибухопожежонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи визначення", фасувально-

пакувальна машина та умови її експлуатації відповідають вимогам протипожежної безпеки.

Приміщення, де експлуатується обладнання, забезпечене засобами пожежогасіння, вентиляцією та організованим зберіганням ЛЗР та ММ у відповідності до вимог чинного законодавства у сфері техногенної та пожежної безпеки.

Система попередження пожеж включає два основних напрямки: запобігання формуванню горючого середовища і виникненню в цьому середовищі (чи внесенню в нього) джерела запалювання.

Встановлюється порядок сумісного зберігання речовин та матеріалів. Вимоги щодо їх сумісного зберігання сформульовані на підставі кількісного врахування показників пожежної небезпеки, токсичності, а також однорідності засобів пожежогасіння.

В залежності від того, до якого розряду відносяться речовини та матеріали, визначаються умови їх зберігання.

Виробниче приміщення відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 "Визначення категорій приміщень і будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою" відноситься до категорії «В» (пожежонебезпечні), оскільки в ньому використовуються горючі речовини та матеріали.

Для ліквідації пожеж на початковій стадії в приміщенні передбачено первинні засоби пожежогасіння — вогнегасники, ящики з піском, азбестові покривала, що відповідають вимогам НАПБ А.01.001-2004 "Правила пожежної безпеки в Україні".

Найбільш поширеним засобом пожежогасіння є вода. У виробничих приміщеннях, відповідно до вимог ДБН В.2.5-64:2012 "Внутрішній

водопровід і каналізація будівель", передбачено внутрішній протипожежний водопровід, що підключається до зовнішньої мережі.

Необхідний тиск води забезпечується:

стаціонарними пожежними насосами, які формують компактні водяні струмені висотою не менше 10 м;

або пересувними пожежними мотопомпами, які забирають воду з пожежних гідрантів, розміщених згідно з нормами ДБН В.2.5-56:2014 "Системи протипожежного захисту".

Усі інженерні рішення щодо систем пожежогасіння та протипожежного водопостачання виконані з урахуванням категорії пожежної небезпеки приміщення та відповідно до чинного законодавства у сфері цивільного захисту.

Крани розміщені на стінах на висоті 1,35 м від підлоги і знаходяться в дерев'яних шафах з написом "Пожежний кран".

Витрати води на внутрішню пожежогасінню у виробничих будівлях, залежно від категорії, визначені по таблиці 3.

Об'єм приміщення:

$$V = LBH = 20 \cdot 3 \cdot 4 = 240 \text{ м}^3;$$

Тому мінімальна витрата води складає 5 л/с.

Висота контактної частини пожежного струменя визначається висотою виробничого приміщення (4,2 м). Нормовані витрати води на внутрішнє гасіння пожежі наведено у таблиці 8.2.

Таблиця 8.2

Витрати води на внутрішнє гасіння пожежі

Ступінь вогнестійкості будівлі	Категорія будівлі по пожежній небезпеці	Мінімальні витрати води, л/с, на один струмінь в будівлях об'ємом м ³		
		5...50	50...200	200...400
1 та 2	АБВ		5	5

Витрати води складають не менше 30 л/с.

У якості засобів гасіння пожеж широко використовуються вогнегасники. Для гасіння пожеж, які лише починаються, використовують хімічні вогнегасники ВП-10, ВВ-8 та ВП-2М.

Кількість вогнегасників розраховується в залежності від площі виробничого приміщення з розрахунку 1 вогнегасник на 100м². На друкарській ділянці кількість вогнегасників буде складати $n = S/100 = 20 \cdot 3/100 = 0,6$ шт. В наявності є 2 штуки.

Вогнебезпечні та відпрацьовані матеріали зберігаються в спеціальних металевих ящиках.

На стелі виробничого приміщення знаходяться димові сигналізатори системи ДИ-1, які реагують на підвищення диму в цеху.

Для первинного гасіння пожежі створена і успішно діє добровільна пожежна дружина кількістю 5 людей, які пройшли інструктажі та оснащені первинними засобами пожежогасіння.

В коридорах на стінах розвішані плани евакуації робітничого персоналу на випадок пожежі.

На території ділянки та допоміжних приміщень розвішані плакати і інструкції з протипожежної безпеки, проводяться профілактичні лекції.

Усі працівники при прийнятті на роботу і щорічно за місцем роботи проходять інструктажі з питань пожежної безпеки. Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктажу і перевірки знань з питань пожежної безпеки, заборонено.

Для покращення умов охорони праці на ділянці можна висунути наступні пропозиції:

для видалення осілого пилу з устаткування найбільш доцільно використовувати пересувні вакуумні пилозбирачі;

для зниження рівня шумів рекомендується виконувати наступні вимоги: двигуни встановлювати на ізолюючі підкладки й закривати звукоізолюючими кожухами; зовнішні кільця підшипників необхідно встановлювати в текстолітові або капронові втулки, запресовані в корпус;

стежити за врівноваженістю валів і голівок; стежити за нормальною роботою зубчастих і пасових передач; при роботі вузлів тертя перевіряти їхнє радіальнебиття, застосовувати демпфуючі шайби й пружинні віброгасники;

з метою економії теплової енергії необхідно впроваджувати вентиляційні системи багаторазового використання повітря.

Висновок до розділу 8

У розділі проаналізовано умови праці під час експлуатації автоматизованої лінії формування транспортних пакетів та визначено потенційні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, зокрема рухомі механізми, електрообладнання, пневмосистеми, підвищений рівень шуму та можливість травмування під час технічного обслуговування.

Передбачені заходи відповідають чинним вимогам безпеки та забезпечують зниження виробничих ризиків, підвищення надійності експлуатації обладнання і створення безпечних умов праці при роботі з автоматизованою лінією.

Висновки

У кваліфікаційній роботі розроблено та оптимізовано автоматизовану лінію виготовлення транспортних пакетів продуктивністю 20 транспортних пакетів за годину.

У результаті виконання роботи:

проведено аналіз сучасного обладнання для групового пакування, палетування та скріплення транспортних пакетів;

обґрунтовано структуру лінії та визначено раціональну схему палетування 6 × 14 (84 гофрокоробки на піддон);

встановлено, що при заданій продуктивності допустима тривалість циклу формування одного піддона становить 180 с;

розраховано кінематичні цикли складових модулів лінії та визначено, що потенційним «вузьким місцем» є палетувальний модуль;

запропоновано технічне рішення щодо зменшення кількості циклів укладання шляхом використання вакуумної захватної головки для одночасного переміщення чотирьох гофрокоробок;

підтверджено, що за умови багатозахватного укладання тривалість циклу робота становить 8,5 с, що забезпечує виконання загального такту 180 с без перевантаження привідних вузлів;

Запропоновано оптимізацію лінії для виготовлення транспортних пакетів за рахунок використання вакуумної плити OSTOPUS з можливістю одночасного переміщення 3–4 гофрокоробок. Це дозволило:

зменшити кількість циклів укладання до 21;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Деренівська А.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа Кафедра МПТ ЗПМ-5-1	Розробник документа Зорін К.О.	Назва, додаткова назва Список літератури	074. КР. ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
					UA	86

забезпечити тривалість циклу укладання 8,5 с;

знизити інтенсивність роботи маніпулятора.

Виконано розрахунок привода роликового конвеєра та обґрунтовано вибір мотор-редуктора NMRV 050 потужністю 0,25 кВт, що забезпечує необхідну швидкість транспортування 0,15 м/с.

Проведено розрахунок ланцюгової передачі, підтверджено виконання умов міцності та довговічності (розрахунковий термін служби 3670 год > 2000 год).

Виконано розрахунок вакуумної плити OSTOPUS з урахуванням різниці тисків 75 кПа та коефіцієнта запасу 3. Встановлено, що прийнята конструкція із двох балок STOPUS gripping bars P2XE 12 1000 забезпечує необхідний запас підйомної сили.

Доведено, що при узгодженні продуктивності модулів та впровадженні мультizaхватної системи лінія не має виражених «вузьких місць» та забезпечує стабільну роботу.

Запропонована структура автоматизованої лінії забезпечує підвищення надійності, зниження динамічних навантажень, раціональне використання енергетичних ресурсів та конкурентоспроможність виробництва.

Список використаної літератури

1 Гавва О.М. Пакувальне обладнання. Обладнання для групового пакування/ Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. – К.: ІАЦ “Упаковка”, 2007. – 136с.

2 Орбі Еквіпментс. Case Packer / <https://www.orbitequipments.com/case-packer> ; дата звернення 11.02.2026

3 Enoline. Palletizers efficiency & material handling / <https://enoline.com/en/articles/palletizers-efficiency-material-handling> ; дата звернення 11.02.2026

4 Europack Italy. What is a palletizer machine / <https://europackitaly.com/en/news-en/what-is-a-palletizer-machine/> ; дата звернення 11.02.2026

5 PT Chronos. Top 10 most frequently asked palletizer industry questions answered / <https://www.ptchronos.com/blog/top-10-most-frequently-asked-palletizer-industry-questions-answered> ; дата звернення 11.02.2026

6 BMS Maschinenfabrik. Palletisers UniPal 105-106 portal technology / <https://www.bms-maschinenfabrik.de/en/products/individual-machines/palletisers/unipal-105-106-portal-technology> ; дата звернення 11.02.2026

7 EVS International. Industrial robots types / <https://www.evsint.com/uk/industrial-robots-types/> ; дата звернення 11.02.2026

8 SafePackTech. Головна сторінка / <http://safepacktech.com/index.html> ; дата звернення 11.02.2026

9 Деренівська, А. В. Визначення раціональних параметрів забезпечення стійкості транспортних пакетів методами підвищення сил тертя між шарами тарних вантажів / А. В. Деренівська, Л. О. Кривопляс-Володіна, С. В. Токарчук // Харчова промисловість. 2020. № 27. С. 105-113.

10 Термоусаджувальна та розтягувальна плівки у пакуванні. Що вибрати? [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Urakovka_2015_3_4.pdf

11 Кривошей В. М. Сучасні виклики та упаковка / В. М. Кривошей // Упаковка. 2009. № 3. С. 10–12. 2. ТОВ «Полімер Пак». Український виробник полімерних плівок [Електронний ресурс]. Режим доступу : http://www.polimerpak.com/index_files/thermal_films_ru.htm.

12 Пакувальні матеріали та їх фізико-хімічні властивості: підручник / А. І. Соколенко, В. С. Костюк, К. В. Васильківський та ін. ; Нац. ун-т харч. технол. – К. : Кондор, 2015. – 396 с.

13 Гавва О.М., Пакувальне обладнання. Обладнання для обробки транспортних пакетів / Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. К.: ІАЦ “Упаковка”, 2006. – 96 с.

14 Phoenix Handling. *Rotating arm machine* / <https://www.phoenixhandling.co.uk/116-rotating-arm-machine/> ; дата звернення 11.02.2026

15 Phoenix Handling. *Stretch hooders* / <https://www.phoenixhandling.co.uk/stretch-hooders/> ; дата звернення 11.02.2026

16 Phoenix Handling. *CMR-CAM 31* / <https://www.phoenixhandling.co.uk/cmr-cam-31/> ; дата звернення 11.02.2026

17 Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І., Кохан О.О.
Пакувальнеобладнання; Підручник-К. ІАЦ «Упаковка». 2010-с,744:іл.

18 Listex. ARO Крупа гречана 1 кг UA 4820086630153 /
<https://listex.info/uk/product/aro-krupa-grechana-1-kg-ua-4820086630153> ; дата
звернення 11.02.2026

19 Підйомно-транспортні машини : підручник / [А. С. Кобець, В. І.
Дирда, Ю. Г. Козуб, С. В. Ракша, Ю. М. Овчаренко, А. М. Пугач, І. Є. Рижков,
О. А. Черній, І. М. Цаніди ; за ред. : А. С. Кобця, В. І. Дирди] ; М-во освіти і
науки України, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», Дніпропетр. держ. аграр. ун-
т. – Луганськ ; Дніпропетровськ : Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка»,
2014. – 218 с.- Режим доступу:
<http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/598>

20 Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-
транспортні машини: Навчальний посібник. Ніжин, 2020. 150 с.

21 PRK. Мотор-редуктор черв'ячний одноступеневий NMRV 050-I 40
0,37 кВт 1400 / [https://prk.com.ua/motor-reduktor-cher-v-yachnyj-odnostupenevyj-
nmrv-050-i-40-0-37-kvt-1400/](https://prk.com.ua/motor-reduktor-cher-v-yachnyj-odnostupenevyj-nmrv-050-i-40-0-37-kvt-1400/) ; дата звернення 11.02.2026

22 Деталі машин: зб. завдань та прикладів розрахунків / В. О.
Малашенко, В. Т. Павлице. Львів : Новий Світ-2000, 2009. 136 с.

23 Camozzi Automation. Pneumatic cylinders according to international
standards: Серія 16–23–24–25 Ø8–Ø25 / Camozzi Automation — доступ:
[https://www.camozzi.ua/catalog/peremischennya/pnevmo-cilindri-za-
mizhnarodnimi-standartami/seriya-16-23-24-25-o8-o25/seriya-16-23-24-25-o8-
o25](https://www.camozzi.ua/catalog/peremischennya/pnevmo-cilindri-za-mizhnarodnimi-standartami/seriya-16-23-24-25-o8-o25/seriya-16-23-24-25-o8-o25) . Дата звернення: 10.02.26.

24 AVS Danmark. 9.25 Vacuum Octopus – Technical Datasheet. — AVS Danmark, 2021. — 24 с. — Режим доступу: https://avsdenmark.dk/wp-content/uploads/2021/08/9.25_vakuum-octopus_AVS-Danmark.pdf. Дата звернення: .10..02. 2026

25 Vuototecnica. Octopus Bars – Technical Specifications. — Vuototecnica S.r.l. — Режим доступу: https://www.vuototecnica.net/downloads/Octopus_bars.pdf. Дата звернення: 17.02.2026.

26 MF Automation. Vuototecnica – OCTOPUS Vacuum Gripping System (EN). https://mf-automation.com/wp-content/uploads/2017/01/vuo_vacuum_gripping_system_en.pdf. Дата звернення: 10.02.26.

27 Бойко Ю.І. Технологія машинобудування. Курсове проектування К. НУХТ 2018 288 с.

28 Гандзюк М.П. Основи охорони праці: підручник. 5-е вид. / Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О.; за ред. М.П. Гандзюка. К.: Каравела, 2011. 384 с.

29 Євтушенко О.В., Сірик А.О. Основи охорони праці. Безпека життєдіяльності : понятійно-термінолог. слов. – К. : НУХТ, 2018. – 123 с.