

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ІНІТІТ ім. С.І. Гуріного
Кафедра Механіки та наукової техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту (декан факультету)
[підпис] Сергій Євдокименко
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
[підпис] Людмила Ільвіна Володіна
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 131 Фрикційна механіка
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Фрикційна механіка

на тему: Дослідження динаміки та стабільності переоб'єднування утконосів в потікових ліній

Виконав: здобувач _____ курсу, групи _____

Доміцький Ярослав Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Костин Володимир Борисович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

(ім'я та прізвище) (підпис)

(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Верескив Р.У.
(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) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач [підпис]
(підпис)

Київ - 20__ р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННТНТ ім. І.С.Тулупова
Кафедра Мехатроніки та вакуумної техніки
Освітній ступінь Магістр
Спеціальність 131 Фрикларна механіка
(код і назва)
Освітньо-професійна програма Фрикларна механіка
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри М.П.М.

Людмила Кривонос-Волостна
«01» 10 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Диміцького Ярослава Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження динаміки та стабільності переорієнтування унаковок в потокових лініях.

керівник роботи Людмила Володимирівна Борисович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» 10 2024 року № 859-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 2.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Матеріали отримані під час навчання та зібрані під час проходження переддипломної практики

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

Вступ. Літературний огляд наукових праць, що стосуються процесів динаміки, спрямованих на досягнення стабільності переорієнтування унаковок. Аналітичні дослідження, Висновки. Література.

5. Перелік графічного матеріалу

Ілюстрації до розрахунків.
Слайди для презентації роботи.


6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

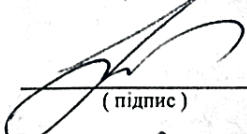
7. Дата видачі завдання 01.10.2024 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літературних джерел	20.10.2024	Виконано
2.	Аналіз змісту дослідження	15.11.2024	Виконано
3.	Підготовка презентації	20.11.2024.	Виконано
4.	Визначення суттєвих документів	30.11.2024.	Виконано
5.	Представлення роботи	2.12.2024	Виконано
6.	Захист магістерської роботи	до 20.12.2024.	Виконано

Здобувач освіти 
(підпис)

Ярослав Димівський
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи 
(підпис)

Володимир Костін
(ім'я та прізвище)

«01» 10 2024 р.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
АНОТАЦІЯ	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПЕРЕОРІЄНТОВУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ УПАКОВКИ НА ПАКУВАЛЬНИХ ЛІНІЯХ В СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТУВАННЯ	9
1.1. Пасивні напрямні як засоби переорієнтування.	9
1.2 Активні напрямні як засоби переорієнтування	11
1.3 Переорієнтування за рахунок зміни рівня несучих поверхонь.	12
1.4 Використання шнекових конвеєрів.	14
1.5. Використання проміжних обертальних роликів	18
1.6. Оцінка застосування магнітних напрямних.	19
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПРОФІЛЮ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ УПАКОВОК	22
2.1. Стандартний гвинтовий конвеєр	22
2.2. Спеціалізовані шнекові конвеєри для узгодження потоків переміщення упаковок.	24
2.2. Спеціальні гвинтові конвеєри для зміни напрямку упаковки в просторі.	26
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕТАПІВ ЗМІНИ НАПРЯМКУ РУХУ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА	27
3.1 Аналіз способів подачі пакетів в конвеєрних системах з використанням гвинтових конвеєрів.	27
3.2. Розрахунок параметрів твірної лінії шнекових конвеєрів із поєднанням операції групування.	38
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РУХУ УПАКОВКИ	41
4.1. Експериментальне дослідницьке середовище.	41
4.2. Ціль експериментального дослідження.	41
4.3 Характеристика експериментальної установки для аналізу процесу.	42
4.4 Опрацювання даних експерименту	42
РОЗДІЛ 5. Охорона праці	46
ВИСНОВКИ	59

АНОТАЦІЯ

Потреба в автоматизації та оптимізації пакувальних систем визначає необхідність врахування різних технологій переміщення упаковки, зміни орієнтації та позиціонування. Використання сучасних транспортних систем і перевантажувачів дозволяє не тільки досягти високої продуктивності, але і підвищити точність розміщення упаковки, що важливо для забезпечення ефективної роботи і якісної роботи пакувальної лінії.

Метою даного дослідження є вивчення пристроїв і методів переміщення, переорієнтації та позиціонування упаковки, а також визначення розумних кінематичних параметрів для різних законів переміщення упаковки.

Предмет дослідження: технічний процес переміщення упаковки в транспортній системі пакувальних ліній і машин.

Метою даного дослідження є визначення кінематичних параметрів переміщення упаковки в транспортній системі пакувальних ліній і машин.

Завдання дослідження:

- Аналіз обладнання для переорієнтації упаковки в транспортній системі пакувальних ліній;
- Аналіз профілю шнекової транспортної системи;
- Дослідження фази повороту шнекового конвеєра;
- Експериментальне дослідження кінематичних параметрів переміщення упаковки.

Ключові слова: транспортування, профіль шнека, шнек, переорієнтування, упаковка.

Abstract

The need for automation and optimization of packaging systems determines the need to take into account various technologies for moving packages, changing orientation and positioning. The use of modern transport systems and reloaders allows not only to achieve high productivity, but also to increase the accuracy of packaging placement, which is important for ensuring efficient work. and high-quality operation of the packaging line.

The purpose of this study is to study devices and methods for moving, reorienting and positioning packages, as well as to determine reasonable kinematic parameters for various laws of package movement.

Subject of the study: technical process of moving packages in the transport system of packaging lines and machines.

The purpose of this study is to determine the kinematic parameters of moving packages in the transport system of packaging lines and machines.

Research objectives:

- Analysis of equipment for reorienting packages in the transport system of packaging lines;
- Analysis of the profile of the screw transport system;
- Study of the phase of rotation of the screw conveyor;
- Experimental study of the kinematic parameters of moving packages.

Keywords: transportation, screw profile, screw, reorientation, packaging.

ВСТУП

У сучасному пакувальному виробництві, де швидкість, ефективність і точність є визначальними факторами, дослідження транспортних систем і вантажно-розвантажувального обладнання є важливою частиною стратегії оптимізації виробничого процесу.

У зв'язку зі зростаючою потребою в автоматизації та оптимізації пакувальних систем різні технології переміщення упаковки, зміни орієнтації і позиціонування вимагають більш глибокого аналізу. Використовуючи новітню транспортну систему і перевантажувальний пристрій, можна не тільки домогтися високої швидкості виробництва, але і підвищити точність визначення місць упаковки, що важливо для забезпечення високої якості і ефективної роботи пакувальних ліній.

Дослідження в цьому напрямку не тільки сприятимуть вдосконаленню технічних аспектів виробництва, а й дозволять ефективно задовольняти вимоги ринку до упаковки, забезпечуючи високу якість і конкурентоспроможність продукції.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПЕРЕОРІЄНТОВУВАЛЬНИХ ПРИБОРІВ УПАКОВКИ НА ПАКУВАЛЬНИХ ЛІНІЯХ В СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТУВАННЯ

1.1. Пасивні напрямні як засоби переорієнтування.

На рисунку 1.1 подаються фрагменти за допомогою несучих конвеєрів для перевертання споживчої упаковки [1]

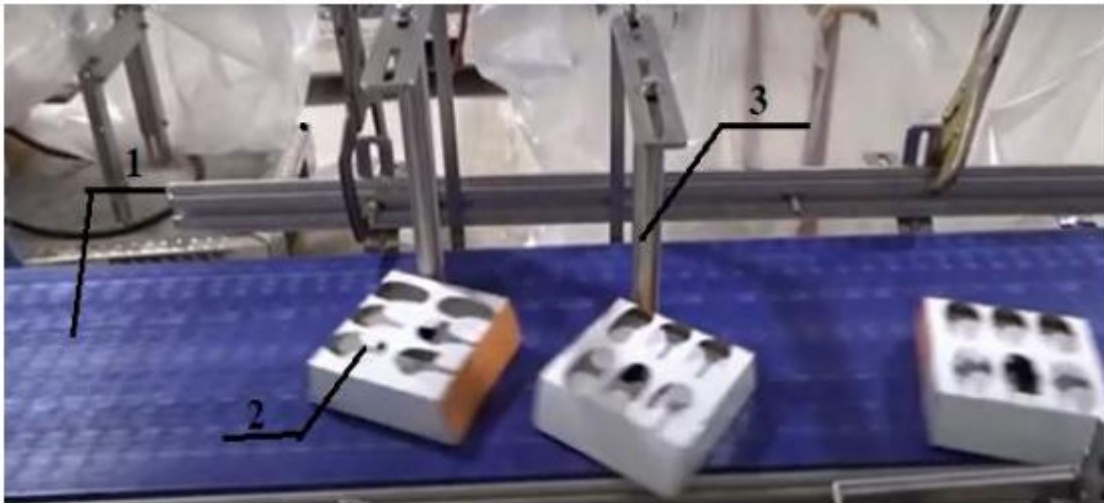


Рис.1.1. Система переорієнтування з використанням пасивних напрямних: 1-стрічка конвеєра, 2- пакована одиниця, 3-пасивна напрямна

Принцип дії пасивного направляючого пристрою полягає в тому, що він використовує кінематичні та/або фізичні властивості вантажу, матеріалу (кут тертя) або конструкції (траєкторія шини) для управління рухом об'єкта, зазвичай пасивні напрямні використовують властивості гравітації, магнетизму або рельєфу для управління рухом об'єкта. об'єкт. Наприклад, похила поверхня або спеціально спроектована конструкція можуть бути використані для направлення руху об'єкта під дією сили тяжіння.

Пасивні напрямні не вимагають для своєї роботи зовнішніх джерел енергії і реагують на фізичні або геометричні характеристики навколишнього середовища. Вони можуть використовуватися в різних областях, включаючи транспортування, сортування, упорядкування та інші процеси,

в яких необхідно визначати напрямок переміщення об'єктів без втручання людини або додаткових джерел енергії.

Використання пасивних напрямних в системі транспортування пакувальної лінії є одним з ключових факторів, що забезпечують ефективну переорієнтацію упаковки під час транспортування. Пасивні напрямні використовуються для управління переміщенням упаковки без активного використання електродвигунів або інших джерел енергії. [1]

Переваги:

- Ефективність: Пасивні напрямні можуть забезпечити ефективну і надійну переорієнтацію упаковки без необхідності в додаткових джерелах енергії.
- Економічність: у порівнянні з активними системами (наприклад, з електродвигунами) використання пасивних напрямних може бути менш витратним з точки зору установки, експлуатації та технічного обслуговування.
- Стійкість до зовнішніх факторів: Пасивні напрямні менш чутливі до зовнішніх факторів, таких як відключення живлення або механічні пошкодження, що робить їх більш надійними.
- Простота конструкції: Пасивні напрямні можуть мати просту конструкцію, що спрощує виробництво, установку і технічне обслуговування.

Недоліки:

- Обмежена функціональність: у порівнянні з активними системами пасивні напрямні мають обмежену функціональність і можуть бути не в змозі виконувати більш складні завдання.
- Обмежена керованість: Пасивні напрямні зазвичай мають здатність активно контролювати переміщення, що може обмежити їх придатність для виконання деяких виробничих завдань.
- Залежність від умов експлуатації: ефективність пасивного направляючого пристрою може залежати від умов експлуатації, таких як вага і розмір продукту, що транспортується, характер руху транспортної системи і т. д.

- Можливість зносу: Пасивні напрямні, як і будь-який інший механічний елемент, схильні до зносу в результаті постійного використання, що може зажадати планового технічного обслуговування або заміни.

1.2 Активні напрямні як засоби переорієнтування

На рисунку 1.2) Показана система переорієнтації одного продукту в різних упаковках.

Принцип дії активних напрямних полягає в тому, що вони є природними. Також напрямні можуть бути оснащені різними механізмами, такими як двигуни, гідравлічні приводи і пневматичні системи, які забезпечують переміщення і орієнтацію об'єктів в потрібному напрямку.

Активні напрямні широко використовуються в автоматизованих транспортних, виробничих та логістичних системах для точного та ефективного переміщення матеріалів та виробів з одного місця в інше.

Вони можуть бути запрограмовані для виконання різних завдань, таких як сортування, вкладення, позиціонування та інші операції, що вимагають точності та керованості.[2]



Рис.1.2 Система транспортування з використанням активних напрямних: 1- рухомий напрямний елемент, 2- датчики положення та швидкості, 3- стрічка конвеєра

Переваги використання активних напрямних:

Точне управління рухом: активна напрямна дозволяє точно контролювати переміщення упаковки або матеріалів на пакувальній лінії, уникаючи помилок і забезпечуючи правильне розміщення.

Гнучкість і налаштованість: система з активними напрямними може бути легко налаштована відповідно до різних робочих і виробничих вимог. Їх можна запрограмувати на зміну швидкості, напрямку та інших параметрів залежно від потреб.

Покращена продуктивність: Завдяки точному керуванню рухом та гнучкому налаштуванню active guide допомагає підвищити продуктивність пакувальної лінії та скоротити час розробки та налагодження.

Недоліки використання активних напрямних:

Високі витрати на установку і технічне обслуговування: Установка системи з active guide є дорогою і може зажадати регулярного технічного обслуговування і технічної підтримки.

Складність налаштування: Налаштування активного посібника може бути складним завданням, особливо для недосвідчених користувачів та операторів.

Можливий системний збій: як і у випадку з автоматизованими системами, активні напрямні можуть вийти з ладу або потребувати ремонту, що може призвести до зупинки лінії або пошкодження виробництва.

Необхідність навчання персоналу: для використання Active Guide може знадобитися навчання персоналу щодо належного використання та технічного обслуговування. Це може бути трудомістким і дорогим процесом.

1.3 Переорієнтування за рахунок зміни рівня несучих поверхонь.

На (рис.1.3) показана система транспортування, що дозволяє змінювати орієнтацію виробу шляхом зміни опорної поверхні.

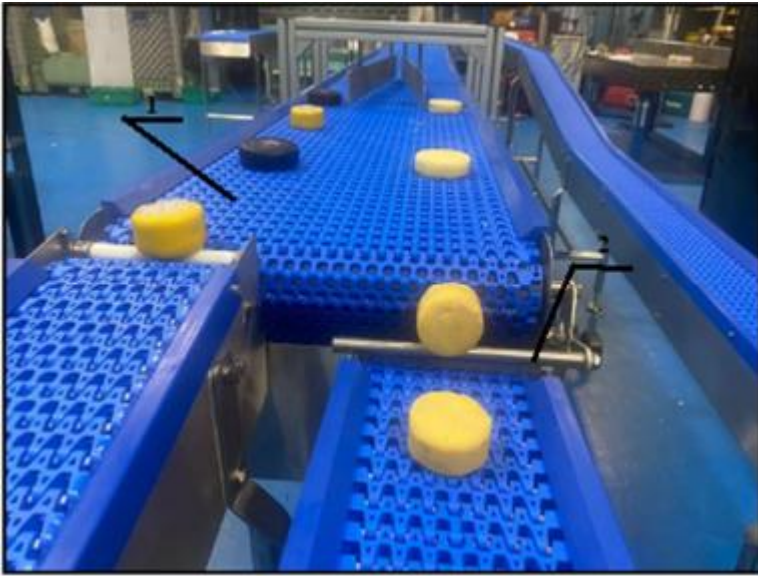


Рис.1.3 Система транспортування зі зміною рівня несучих поверхонь:

1- ремені 2- поворотні блоки

Принцип дії зміни рівня несучої поверхні заснований на використанні різниці висот або рівнів поверхні в напрямку переміщення об'єкта. Цей принцип може застосовуватися в різних ситуаціях, включаючи транспортування, сортування, розподіл та інші процеси.

Основна ідея полягає в тому, що об'єкти рухаються або орієнтуються залежно від рівня або висоти поверхні, на якій вони розташовані. Наприклад, похила поверхня може бути використана для спрямування об'єкта вниз або вгору, залежно від напрямку нахилу. Плоскі поверхні також можна використовувати для переміщення об'єктів у заданому напрямку, якщо це відповідає потребам конкретного процесу.

Цей принцип дозволяє нам ефективно використовувати гравітацію та позиційну енергію для управління переміщенням об'єктів без використання електроніки чи складних механізмів. Його можна використовувати для автоматизації широкого спектру виробничих і транспортних процесів оптимізувати процес переміщення і сортування об'єктів.[3]

Переваги:

Гнучкість конфігурації: зміна опорної поверхні дозволяє легко змінювати конфігурацію трансмісійної системи, включаючи розташування робочої поверхні, кут нахилу і висоту.

Адаптація до різних продуктів: це дозволяє адаптувати транспортну систему до різних типів і розмірів упаковки або товарів, що перевозяться.

Оптимізація швидкості і управління: змінні опорні поверхні дозволяють оптимізувати швидкість і управління процесом, забезпечуючи різні швидкості переміщення.

Зменшення пошкоджень: Правильно спроектована несуча поверхня може знизити ризик пошкодження виробу під час транспортування.

Недоліки:

Високі витрати на технічне обслуговування та ремонт: системи зміни несучих поверхонь можуть вимагати значних витрат на технічне обслуговування та ремонт, особливо при роботі у важких виробничих умовах.

Складність налаштування та використання: встановлення та використання знімних опорних поверхонь може бути складним завданням, особливо для недосвідчених операторів.

Потреба в додатковому обладнанні та компонентах: використання змінних опорних поверхонь може вимагати додаткового обладнання та компонентів, що може збільшити вартість та складність системи.

1.4 Використання шнекових конвеєрів.

На рисунку 1.4. Показана система перенаправлення продукту за допомогою шнекового конвеєра.

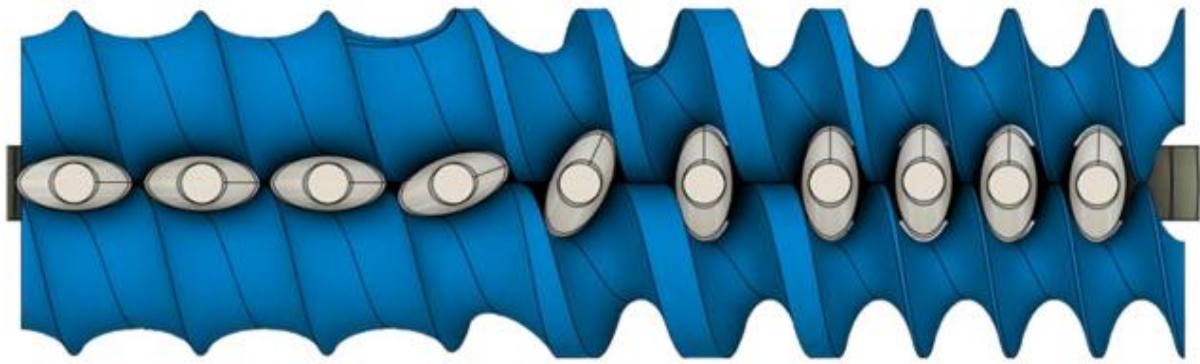


Рис.1.4 Система переорієнтування на основі подвійних шнекових конвеєрів.

Аналіз доступної технічної літератури підкреслює, що науково обґрунтованої методології проектування гвинтових конвеєрів не існує, а представлена інформація є висновком експериментальних досліджень. Моделювання гвинтових конвеєрів, як правило, обмежується твердотільним моделюванням у різних графічних системах, а вибрані геометричні параметри теоретично не обґрунтовані.

Аналіз доступної технічної літератури підкреслює, що науково обґрунтованої методології проектування гвинтових конвеєрів не існує, а представлена інформація є висновком експериментальних досліджень. Моделювання гвинтових конвеєрів, як правило, обмежується твердотільним моделюванням у різних графічних системах, а вибрані геометричні параметри теоретично не обґрунтовані.

Під час переміщення упаковки шнековий конвеєр може виконувати різні операції, такі як вибір іншої упаковки з уже сформованої колони, поетапне розташування упаковки, орієнтація на упаковку, формування кришки, маркування та інші операції, а також групування декількох упаковок в один ряд.

Вибір упаковок, незалежно від кількості шнекових транспортних систем, має свої особливості. Залежно від форми бічного кута упаковки, якщо витік шнекового транспортера повинен проходити між бічними сторонами упаковки, це може бути пов'язано з подальшою технічною операцією[4].

Якщо упаковка переповнена (якщо кут нахилу упаковки чітко визначений), вихід з шнекового конвеєра може бути утруднений. Є 2 способи вибрати іншу упаковку з серії.

Під час зсуву упаковки щодо попереднього напрямку руху інша упаковка відокремлюється від попередньої сформованої колони паралельним зрушенням в русі шнекового транспортера, потім один з шнекових транспортерів захоплює її за полицю і відокремлює від решти колони.

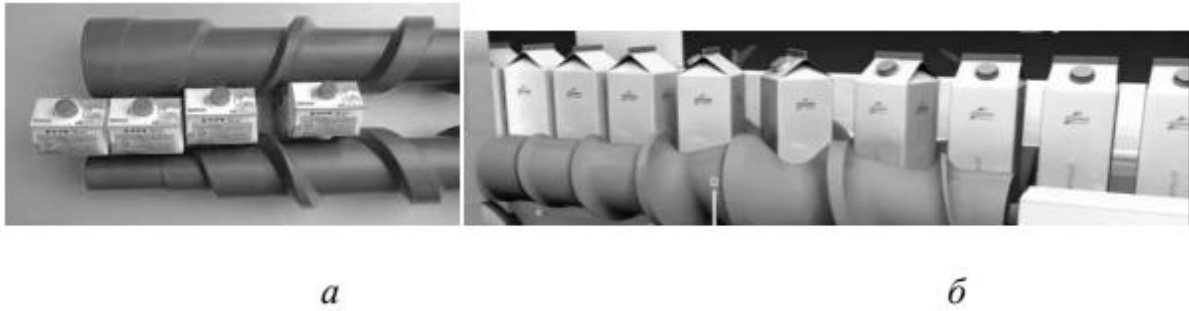


Рис.1.8. Схема системи транспортування що включає два шнекові конвеєри для переміщення пакованої одиниці: : а – пакована одиниця зміщується паралельно до напрямку руху; б – пакована одиниця розвертається відносно напрямку руху.

Окрема упаковка вставляється в зазор між витками (або кишнями) шнекового транспортера і під час переміщення обертається щодо геометричного центру. Один з витків шнекового транспортера входить в цей зазор, захоплюючи упаковку під виступаючим кутом, відокремлюючи її від колони, після чого упаковка повертається на 90° (рис.. 1.8, б).

Принцип дії системи переорієнтації на базі шнекових конвеєрів заснований на використанні шнеків, спеціально розроблених для переміщення об'єктів з потрібною орієнтацією в потрібному напрямку.

Основним елементом цієї системи є шнек - циліндричне відділення з гвинтовими зубами, що утворюють подовжені ребра. Під час обертання ці гвинтові зуби захоплюють матеріал або предмет і переміщують його по довжині шнека. Зміна кута нахилу гвинта або його обертання дозволяє керувати напрямком переміщення об'єкта і його орієнтацією.[5]

При повороті на основі шнекового транспортера об'єкт переміщається вздовж шнека і може одночасно повертатися або перевертатися під час переміщення. Це дозволяє ефективно управляти орієнтацією і переміщенням об'єктів без необхідності використання додаткових механізмів або обладнання.

Такий принцип роботи шнекових конвеєрів відкриває широкі можливості в області транспортування, сортування та орієнтації різних матеріалів і об'єктів у виробничих і логістичних процесах.

Недолік шнека СТ зі зміщенням щодо попереднього напрямку руху найбільш вразливий в цих двох точках контакту, де програмне забезпечення транспортного пакета сприймає рушійну силу від дії котушки шнекового транспортера, оскільки його бічні ребра ковзають уздовж обертання шнекового транспортера – це просто призводить до деформації і руйнування. Причина цього полягає в тому, що при створенні програмного забезпечення для транспортування його бічні ребра деформуються в 2 рази. Втрата жорсткості при формуванні заготовок для упаковки (розтині і згинанні поверхонь упаковки). Цей тип транспортної системи накладає обмеження на вибір типу картону в залежності від маси упаковуваного продукту. Перевага цього способу полягає в тому, що упакований продукт піддається мінімальному навантаженню.

Перевага гвинтвий транспортної системи, яка розкладається при переміщенні щодо геометричного центру, полягає в тому, що на упаковки впливають рухові зусилля не тільки в місці зіткнення їх бічних ребер, а й уздовж їх торців. Така система має більш складний профіль робочої поверхні. Упакований продукт буде додатково завантажений, але це несподівано.

При переміщенні продукту в транспортній системі 2-го типу він повертається на 90° щодо геометричного центру. Це дозволяє одночасно виконувати датування упаковки, маркування та контроль якості.

1.5. Використання проміжних обертальних роликів



Рис. 1.9. Переорієнтуючий модуль з використанням проміжних роликів

Принцип роботи роликів напрямних:

Роликова напрямна-це пристрій, який використовується для управління переміщенням предметів, які ковзають або котяться по поверхні. Основним елементом роликової напрямної є ряд втулок або роликів, розташованих уздовж лінії переміщення об'єкта. Ці ролики мають низький коефіцієнт тертя, що дозволяє легко переміщати предмети.

Принцип дії полягає в тому, що при зіткненні з роликом або втулкою предмет переміщається по напрямних, забезпечуючи стабільне і контрольоване переміщення. Ролики можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як метал, пластик або гума, залежно від навантаження, умов експлуатації та інших факторів.

Одним з важливих аспектів принципу роботи роликової напрямної є її конструкція. У ній можуть бути спеціальні канали або напрямні виступи, які допомагають утримувати предмети на місці і запобігають їх переміщення при переміщенні. Деякі роликові напрямні можуть мати фіксувальний механізм для фіксації предмета на місці при необхідності.

Крім того, роликові напрямні можуть використовуватися в різних галузях промисловості, таких як виробництво, склад, Логістика, автомобілебудування і т.д. з їх допомогою можна направляти і переміщати об'єкти різних розмірів і форм, забезпечуючи більшу гнучкість в застосуванні.[6]

Переваги:

Плавне переміщення: Роликова напрямна забезпечує плавне і безшумне переміщення предметів.

Можливість перевезення великогабаритного багажу: завдяки продуманому дизайну ви можете перевозити великогабаритний багаж.

Простота у використанні: Роликова напрямна досить проста в установці і обслуговуванні.

Гнучкість застосування: вони можуть бути використані в різних галузях промисловості, включаючи виробництво, зберігання, транспортування та інші.

Недоліки:

Знос: роликові напрямні можуть бути схильні до зносу через постійне тертя і експлуатації, що вимагає регулярного технічного обслуговування і заміни.

Обмеження ваги: Максимальна вага при транспортуванні деяких моделей роликових рейок може бути обмежена.

Вимоги до підлоги: для ефективної роботи роликових напрямних потрібні рівні і стійкі підлоги, що може залежати від деяких умов експлуатації.

Вартість: висока вартість виробництва та монтажу, особливо для спеціалізованих моделей з додатковими функціями.

1.6. Оцінка застосування магнітних напрямних.

Магнітні напрямні використовують принцип взаємодії магнітних полів для створення керованого переміщення об'єктів. Основними компонентами такої системи є різні типи магнітних елементів і магнітні смуги або блоки, розташовані вздовж траєкторії руху об'єкта (рис.1.10).

Магнітні напрямні можуть бути оснащені магнітами різної полярності, які створюють магнітні поля. Рухомий об'єкт, покритий магнітним матеріалом або магнітним елементом, реагує на ці магнітні поля і відповідно рухається вздовж напрямної.

Зазвичай магнітні напрямні використовують 2 основних принципи: тяжіння і відштовхування. У гравітаційній системі об'єкт за допомогою магніту притягується до магнітної смуги або блоку, переміщаючись по заданій траєкторії. У системі відштовхування магнітне поле створюється таким чином, що воно відштовхує об'єкт у непотрібному напрямку.

Перевагою магнітних напрямних є низьке тертя, що дозволяє переміщати предмети без надмірного опору. Крім того, не потрібно прямого контакту між направляючою і рухомим об'єктом, що дозволяє уникнути зносу і продовжити термін експлуатації.

Незважаючи на переваги, магнітні напрямні чутливі до зовнішніх магнітних полів, що може вплинути на їх ефективність. Це також може бути дорогим варіантом порівняно з іншими типами напрямних систем.[7]

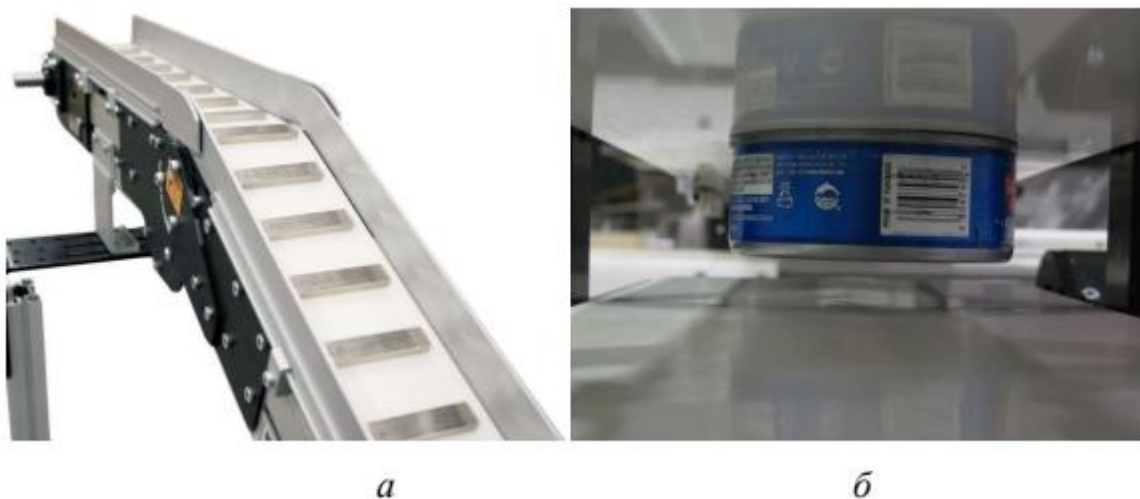


Рис. 1.10. Магнітний конвеєр: а – загальний вигляд, б – транспортування вантажу

Вивчення структури і методів переорієнтації вантажу показало, що гвинтові транспортні системи поєднують в собі різні операції і переміщення,

пов'язані з переорієнтацією, угрупованням і позиціонуванням в площині і просторі.

Аналіз пристрою для зміни орієнтації упаковки виявив особливості роботи шнекових конвеєрів-поєднання їх безперервного обертання для переміщення упаковки за різними законами в площині або просторі з можливими зупинками для виконання необхідних технічних операцій. Простота конструкції, швидка зміна швидкості обертання і, відповідно, продуктивності, легке регулювання роботи відповідно до ходом лінії, можливість не перенастроюватися на інший розмір упаковки за умови використання допоміжного середовища (рис. 1.11), висока надійність це привертає увагу.

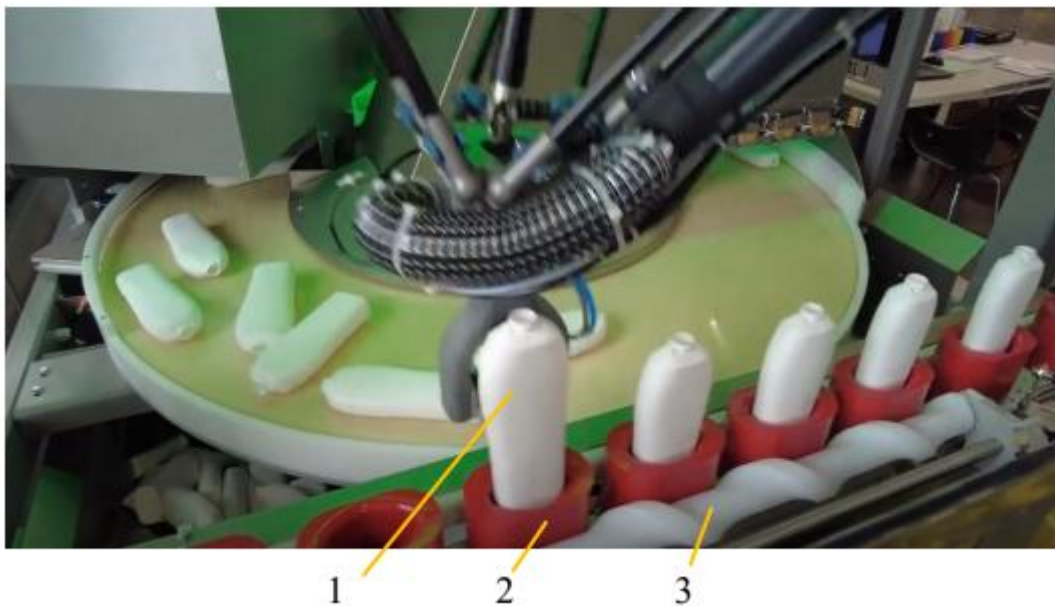


Рис. 1.11. Переміщення упаковки в допоміжних носіях: 1- упаковка, 2- допоміжний носій, 3 - шнековий конвеєр

Завдяки цим перевагам до проведення подальших досліджень була прийнята на озброєння гвинтова трансмісійна система.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПРОФІЛЮ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ УПАКОВОК

На ринку пакувального обладнання існують транспортні системи різного функціонального призначення. Найбільш повний аналіз зміни профілю шнека можливий на прикладі роботи герметичного резервуара.

2.1. Стандартний гвинтовий конвеєр

- Пряме переміщення упаковки при постійному діаметрі внутрішньої поверхні шнека і змінній ширині рулону. Така конструкція використовується для круглої, овальної та прямокутної упаковки з повністю закругленими краями для забезпечення ефективного розділення. Використовується для збільшення відстані між упаковками.

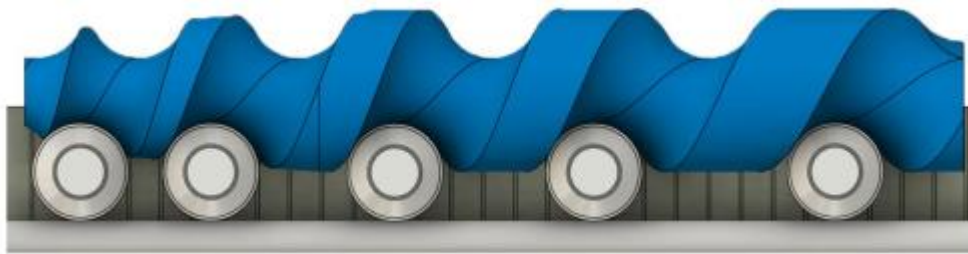


Рис. 2.1. Шнекова транспортна система зі сталим діаметром шнека та змінною шириною витка

- Пряме переміщення упаковки, при якому діаметр внутрішньої поверхні гвинтової катушки зменшується в напрямку переміщення (рис. 2.2). Переміщення осі шнека необхідно для переорієнтації упаковки відповідно до загального напрямку руху транспортної системи між машинами пакувальної лінії. Така конструкція використовується для досягнення максимальної продуктивності при довільній подачі нестабільної або некруглої упаковки.

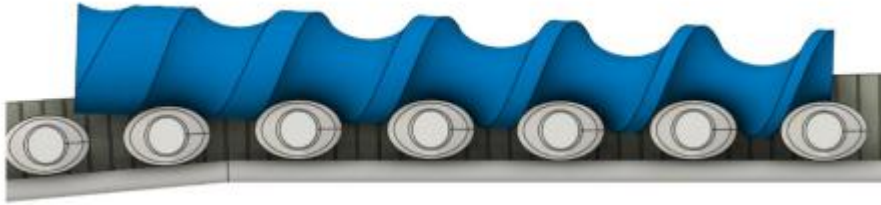


Рис. 2.2. Шнекова транспортна система виконана в вигляді зворотного конуса.

- Пряме переміщення упаковки у формі паралелепіпеда (рис. 2.3) з постійною швидкістю. Для ефективної роботи необхідно забезпечити наявність попередньо відформованої серії упаковок з корпусом прямокутного або квадратного перетину, використовуючи відповідні напрямні, які подають їх по діагоналі в потрібному напрямку переміщення, забезпечуючи при цьому максимальну продуктивність.

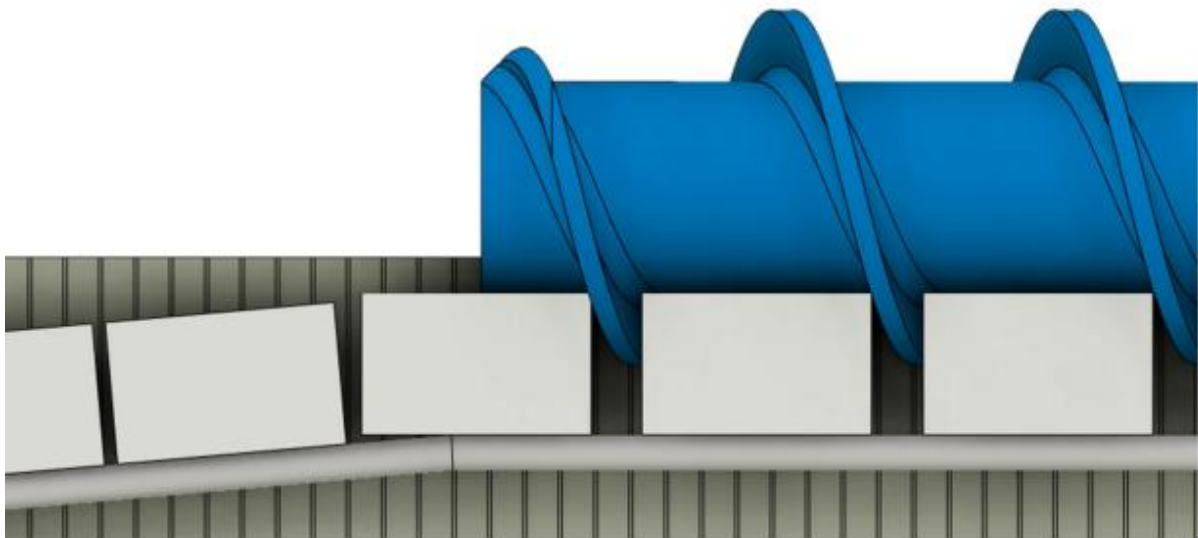


Рис. 2.3 Шнекова транспортна система для переміщення упаковок паралелепіпедної форми

- Переміщує упаковки у формі паралелепіпеда на двухшнекових конвеєрах для забезпечення поділу шляхом переміщення упаковки щодо ряду. Найчастіше використовується в модулях етикетування.

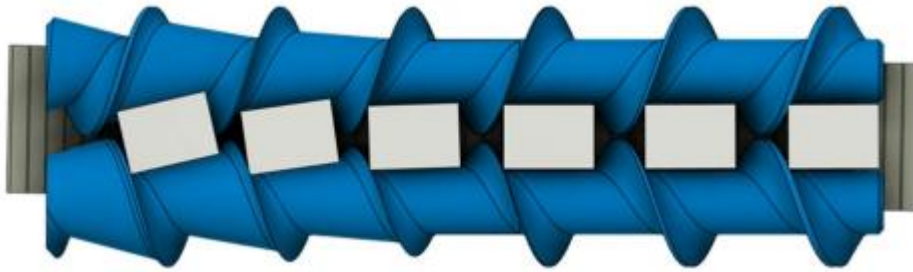


Рис.2.4. Подвійні шнеки для виділення та переміщення упаковки прямокутного перерізу

2.2. Спеціалізовані шнекові конвеєри для узгодження потоків переміщення упаковок.

- Транспортувальна система виконана у вигляді здвоєних гвинтів для розгортання упаковки під кутом 90° , 180° або 360° і подачі її для подальших технічних операцій (рис. 2.4).



Рис.2.4. Подвійні шнеки для розвертання упаковки на потрібний кут

- Транспортувальна система виконана у вигляді здвоєних шнеків для поділу 1 потоку упаковок (рис. 2.5).

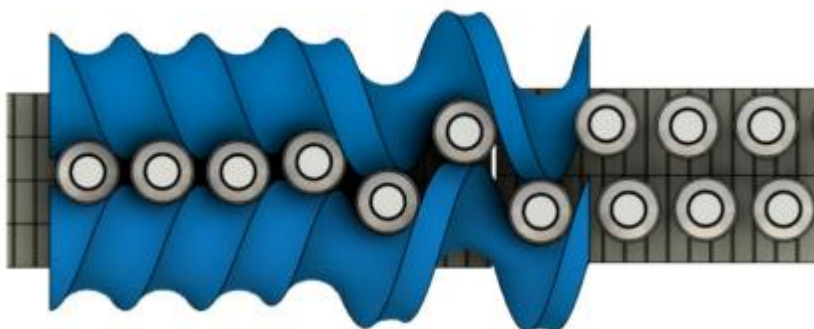


Рис.2.5. Подвійні шнеки для розподілу потоку упаковок

- Транспортувальна система виконана у вигляді здвоєних шнеків для розміщення упаковки в процесі технічної експлуатації (рис. 1). 2.6). Шнек поєднує в собі безперервну подачу оболонки з зупинкою для розливу, укупорки або маркування. Профіль шнека виконаний таким чином, що шнек продовжує обертатися, але дозволяє упаковці зупинити рух вперед на півоберта.



Рис.2.6. Шнекова транспортна система для позиціонування (із зупинкою) упаковок

- транспортувальна система вісонап, розташована в нижній частині шнека, призначена безпосередньо для транспортування 2 упаковок в 1 (рис. 2.6).



Рис.2.6. Подвійні шнеки для об'єднання потоку упаковок

- Транспортувальна система з 1 пристроєм або перехідним гвинтом для управління корпусом при переході від однієї операції до іншої. Дана конструкція призначена тільки для упаковок певного розміру.

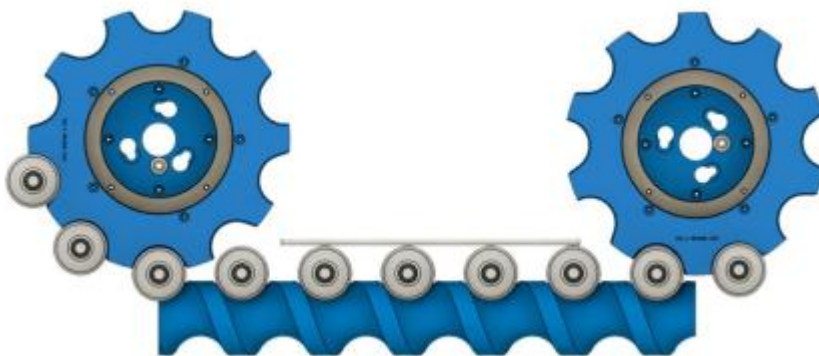


Рис.2.8. Транспортна система з використанням зірочок та шнека

2.2. Спеціальні гвинтові конвеєри для зміни напрямку упаковки в просторі.

Транспортна система використовує шнековий конвеєр для переміщення упаковки, а переорієнтація простору забезпечується ковзанням по пасивній направляючій площині (рис. 2.9).



Рис.2.9. Транспортна система з використанням шнека та пасивної напрямної площини для переорієнтування упаковки в просторі

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕТАПІВ ЗМІНИ НАПРЯМКУ РУХУ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА

Враховуючи важливість оптимізації виробничих та пакувальних процесів у сучасних галузях промисловості, вивчення переорієнтації шнекових конвеєрів виявилось важливою сферою для пошуку ефективних рішень. Шнекові конвеєри, що є компонентом транспортної системи, дозволяють ефективно переміщати матеріали та вироби по виробничій лінії, але ефективність може бути підвищена за рахунок оптимізації етапу переорієнтації.

3.1 Аналіз способів подачі пакетів в конвеєрних системах з використанням гвинтових конвеєрів.

При розробці системи з шнековим конвеєром важливо забезпечити певний інтервал між упаковками продуктів з мінімальною довжиною шнека. Це включає аналіз геометричних і кінематичних параметрів шнека для визначення його профілю і оптимального способу переміщення.

Опис профілю шнекового транспортера містить математичне визначення траєкторії точок дотику на бічних крайках пакувального блоку зі шнековою катушкою. Отримана траєкторія відображає форму та характеристики руху шнека під час транспортування матеріалу (рис. 2.1).

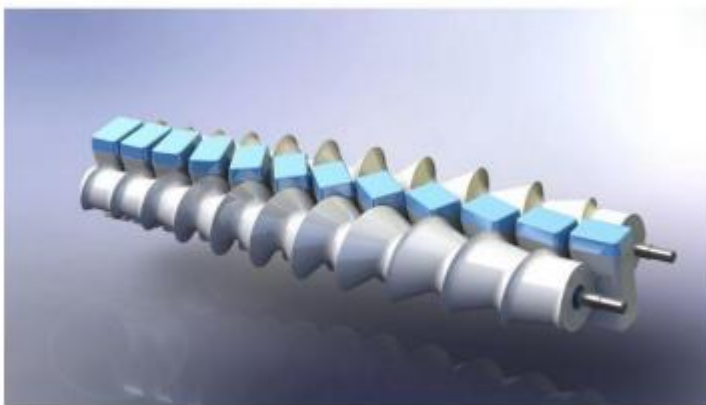


Рис. 3.1. Схема переміщення упаковки в формі паралелепіпеда з допомогою транспортної системи з двома подвійними шнеками

В процесі аналізу транспортної системи, що використовує шнековий конвеєр, беруться до уваги наступні припущення:

1. Геометричний центр упаковки переміщається по прямій лінії.
2. При обертанні шнека упакований блок спочатку потрапляє в шнековий кишеню, а потім піддається повороту і переміщенню.

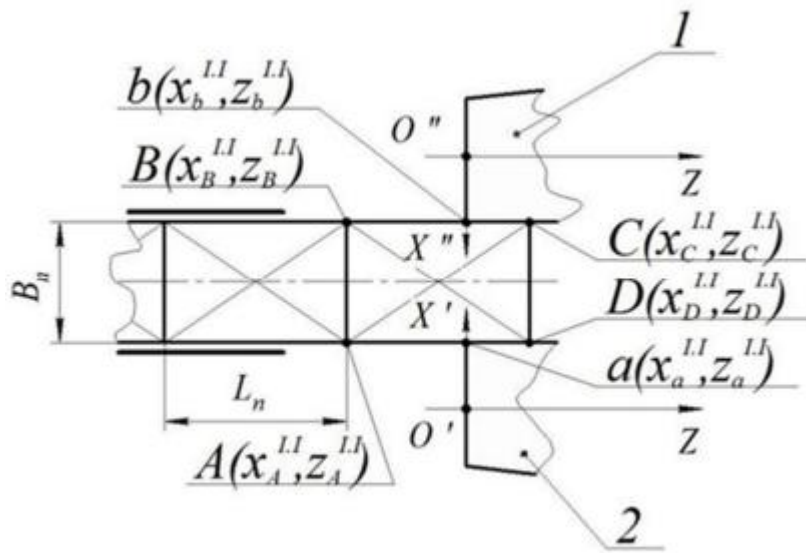
Принцип роботи шнекової системи показаний на рисунку 3.1. Він полягає в обертанні щодо напрямку руху, що дозволяє відокремлювати і переорієнтувати упаковані елементи. Цей процес складається з декількох етапів, таких як:

Під час другого повороту, коли шнековий транспортер повертається на кут від 360 до 720 градусів, пачка захоплюється обертанням шнекового транспортера 2 і видаляється з колони в результаті лінійного рівномірного переміщення (див.рисунок 3.2, а).

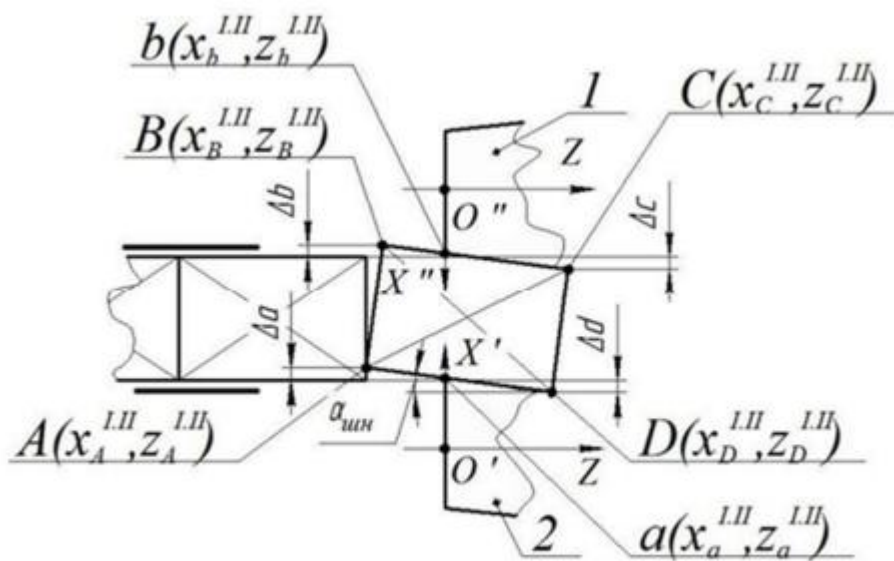
Під час третього обертання, Коли шнековий конвеєр повертається по діагоналі від 720 до 1080 градусів, пачка переміщається зі зростаючим кроком відповідно до змін прискорення, встановлених законом (див. 3.2, б).

Під час четвертого повороту, коли шнековий транспортер повертається по діагоналі від 1080 до 1440 градусів, пачка переорієнтується в початкове положення (див. 3.3, в).

При подальшому обертанні шнекового транспортера джгути забезпечують необхідну відстань між сусідніми джгутами для розгону і для подальшого переміщення на подальшу технологічну операцію[8].

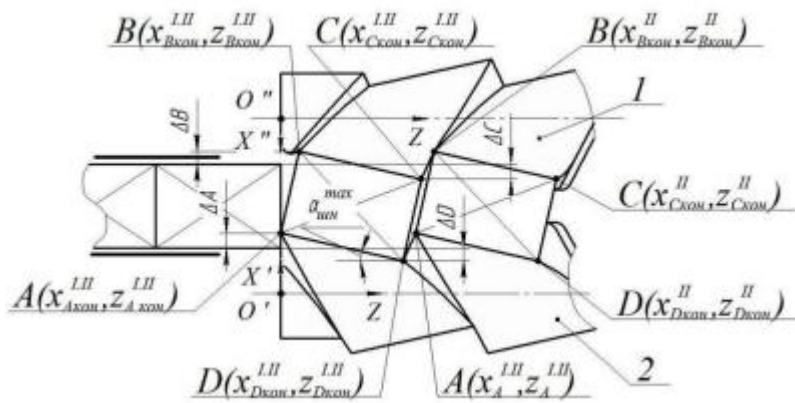


а

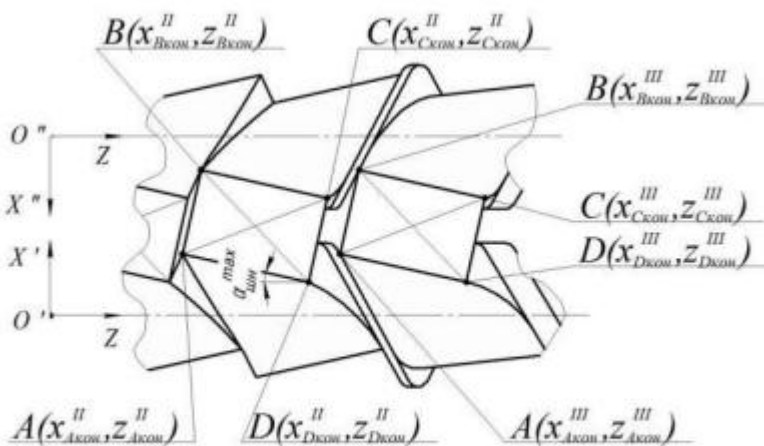


б

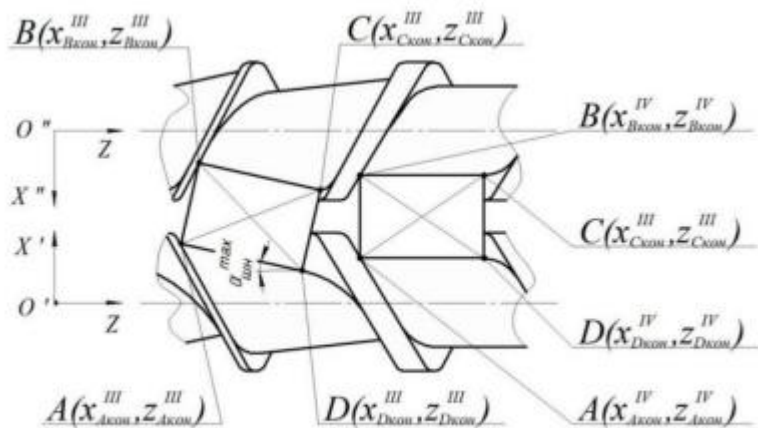
Рис.3.2 Розрахункова схема для визначення геометричних параметрів профілю шнекових конвеєрів при їх обертанні на кут: а) 0град...180град; б) 180град...360град



а



б



в

Рис. 3.3. Розрахункова схема для визначення геометричних параметрів профілю шнеків при їх обертанні на кут: а) 360град...720град; б) 720град...1080град; в) 1080град...1440град; 1080град...1440град

Таблиця 3.1. Геометричні параметри профілю шнекових конвеєрів за схемою на рис.3.1.

Поточний оберт шнека	Кут повороту шнека	Характерні безрозмірні кінематичні коефіцієнти переміщення пачки	Координати твірної лінії профілю шнека	
			Конвеєр 1 (система координат X"O"Z")	Конвеєр 2 (система координат X'O'Z')
1	2	3	4	5
I	$0^\circ \dots 180^\circ$	$K_{\text{тмот}}^{1I} \in [0; k_{\text{тмот}}]$ $K_{\text{тши}}^{1I} \in [0; 0,5]$ $K_{\text{змот}}^{1I} \in [0; 0,5]$	$z_a^{1I} = 0$ $z_D^{1I} = L_n \cdot K_{\text{змот}}^{1I}$ $x_a^{1I} = x_D^{1I} = 0,5 \cdot D_{\text{ши}} \cdot \sin(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{1I})$ $y_a^{1I} = y_D^{1I} = 0,5 \cdot D_{\text{ши}} \cdot \cos(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{1I})$	$z_b^{1I} = 0$ $z_C^{1I} = z_D^{1I}$ $x_b^{1I} = x_C^{1I} = 0,5 \cdot D_{\text{ши}} \cdot \sin(-2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{1I})$ $y_b^{1I} = y_C^{1I} = y_a^{1I} = y_D^{1I}$
	180°	$K_{\text{тмот}}^{1II} \in [k_{\text{тмот}}; 0]$	$z_a^{1II} = 0$	$z_b^{1II} = 0$
	$\dots 360^\circ$	$K_{\text{тши}}^{1II} \in [0,5; 1]$ $K_{\text{змот}}^{1II} \in [0,5; 1]$ $K_a^{1II} \in [0; 1]$ $K_\alpha^{1II} \in [0; 1]$	$z_D^{1II} = L_n \cdot [K_{\text{змот}}^{1II} - 1 + \cos(\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}} \cdot K_a^{1II})]$ $x_a^{1II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta a) \cdot \sin(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{1II})$ $x_D^{1II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} - \Delta D) \cdot \sin(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{1II})$ $y_a^{1II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta a) \cdot \cos(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{1II})$ $y_D^{1II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} - \Delta D) \cdot \cos(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{1II})$	$z_C^{1II} = z_D^{1II} + B_n \cdot \sin(\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}} \cdot K_a^{1II})$ $x_C^{1II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta a) \cdot \sin(-2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{1II})$ $x_B^{1II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} - \Delta D) \cdot \sin(-2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{1II})$ $y_C^{1II} = y_a^{1II}$ $y_B^{1II} = y_D^{1II}$
	0°			
II	$360^\circ \dots 720^\circ$	$K_{\text{тши}}^{II} \in [0; 1]$ $K_{\text{зши}}^{II} \in [0; 1]$	$z_A^{II} = z_a \cos^{1II} + [L_n \cdot \cos(\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}}) + h_v^{\text{min}}] \cdot K_{\text{зши}}^{II}$ $z_D^{II} = z_A^{II} + L_n \cdot \cos(\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}})$ $x_A^{II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta A) \cdot \sin(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{II})$ $x_D^{II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} - \Delta D) \cdot \sin(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{II})$ $y_A^{II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta A) \cdot \cos(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{II})$ $y_D^{II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} - \Delta D) \cdot \cos(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{II})$	$z_B^{II} = z_A^{II} + B_n \cdot \sin(\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}})$ $z_C^{II} = z_D^{II} + B_n \cdot \sin(\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}})$ $x_C^{II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta A) \cdot \sin(-2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{II})$ $x_B^{II} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} - \Delta D) \cdot \sin(-2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{II})$ $y_C^{II} = y_A^{II}$ $y_B^{II} = y_D^{II}$
III	$720^\circ \dots 1080^\circ$	$K_{\text{тши}}^{III} \in [0; 1]$ $K_{\text{зши}}^{III} \in [0; 1]$	$z_A^{III} = z_A \cos^{III} + [L_n \cdot \cos(\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}}) + h_v^{\text{min}}] \cdot K_{\text{зши}}^{III}$ $z_D^{III} = z_A^{III} + L_n \cdot \cos(\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}})$ $x_A^{III} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta A) \cdot \sin(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{III})$ $x_D^{III} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} - \Delta D) \cdot \sin(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{III})$ $y_A^{III} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta A) \cdot \cos(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{III})$ $y_D^{III} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} - \Delta D) \cdot \cos(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{III})$	$z_B^{III} = z_A^{III} + B_n \cdot \sin(\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}})$ $z_C^{III} = z_D^{III} + B_n \cdot \sin(\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}})$ $x_C^{III} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta A) \cdot \sin(-2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{III})$ $x_B^{III} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} - \Delta D) \cdot \sin(-2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{III})$ $y_C^{III} = y_A^{III}$ $y_B^{III} = y_D^{III}$
IV		$K_{\text{тши}}^{IV} \in [0; 1]$	$z_A^{IV} = z_A \cos^{IV} + L_n \cdot [0,5 \cdot \cos(\gamma - \alpha_{\text{ши}}^{\text{max}} \cdot K_a^{IV}) / \cos(\gamma) + h_v^{\text{min}} + 0,5] \cdot K_{\text{зши}}^{IV}$	$z_B^{IV} = z_A^{IV} + B_n \cdot \sin[\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}} (1 - K_a^{IV})]$
	$1080^\circ \dots$	$K_{\text{зши}}^{IV} \in [0; 1]$	$z_D^{IV} = z_D \cos^{IV} + L_n \cdot [0,5 \cdot \cos(\gamma - \alpha_{\text{ши}}^{\text{max}} \cdot K_a^{IV}) / \cos(\gamma) + h_v^{\text{min}} + 0,5] \cdot K_{\text{зши}}^{IV}$	$z_C^{IV} = z_D^{IV} + B_n \cdot \sin[\alpha_{\text{ши}}^{\text{max}} (1 - K_a^{IV})]$
		$K_{\text{тши}}^{IV} \in [0; 1]$	$x_A^{IV} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta A - \Delta a) \cdot \sin(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{IV})$	$x_C^{IV} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta A - \Delta a) \times \dots \times \sin(-2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{IV})$
		$K_{\text{зши}}^{IV} \in [0; 1]$	$x_D^{IV} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} - \Delta D + \Delta d) \cdot \sin(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{IV})$ $y_A^{IV} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} + \Delta A - \Delta a) \cdot \cos(2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{IV})$	$x_B^{IV} = (0,5 \cdot D_{\text{ши}} - \Delta D + \Delta d) \dots \times \sin(-2\pi \cdot K_{\text{тши}}^{IV})$ $y_C^{IV} = y_A^{IV}$

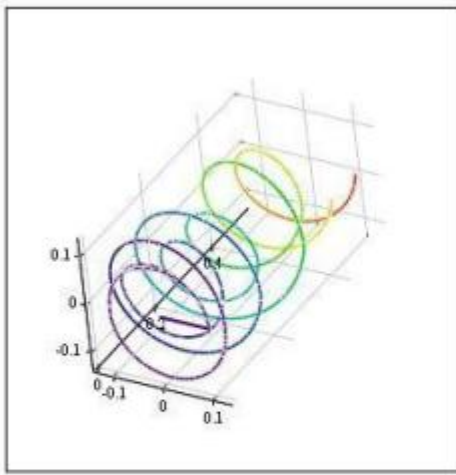
У таблиці використовуються такі позначення: L_n, B_n - відповідно довжина та ширина картонної пачки; $\alpha_{\text{шн}} = [0, \alpha_{\text{шн}}^{\text{max}}$

γ] - кут повороту пачки при її переорієнтації шнековими конвеєрами відносно напрямку руху; (x, y, z) - координати твірної лінії профілю шнекового конвеєра; $D_{\text{ш}}$ - діаметр шнекового конвеєра; $K_{\text{тшт}}, K_{\text{тшн}}$ - безрозмірні коефіцієнти, що описують зміну тривалості переміщення пачки штовхачем і шнеком відповідно в напрямку руху; $K_{\text{та}}$ - безрозмірний коефіцієнт, що визначає зміну часу при розвертанні пачки шнековими конвеєрами відносно напрямку переміщення; $k_{\text{шт}}$ - значення безрозмірного коефіцієнта, яке описує зміну тривалості переміщення пачки штовхачем на відстань $z_{\text{Скон}}^{\text{II}} = z_{\text{Dкон}}^{\text{II}} = 0,5 \cdot L_n$; $K_{\text{зшт}} = f(K_{\text{тшт}})$ - безрозмірний коефіцієнт, що визначає зміну величини переміщення пачки в напрямку руху; $K_{\text{зшн}} = f(K_{\text{тшн}})$ - безрозмірний коефіцієнт, що визначає зміну величини переміщення пачки шнековими конвеєрами в напрямку переміщення; $K_{\text{зшн}} = f(K_{\text{тшн}})$ - безрозмірний коефіцієнт, що описує зміну кута розвертання пачки шнековими конвеєрами при переорієнтації відносно напрямку руху.

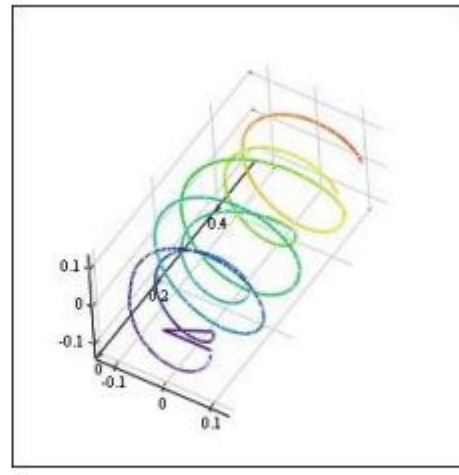
Величина відхилення кута нахилу пучка при розтягуванні в поперечній площині деяких пучків змінюється в межах $\Delta a = \Delta c = [0; \Delta a]$; $\Delta b = \Delta d = [0; \Delta d]$ і визначається наступним рівнянням:

$\Delta a = 0,5 \cdot [B_n - L_n \cdot \sin(\gamma - \alpha_{\text{шн}}) / \cos(\gamma)];$	(3.1)
$\Delta d = ,5 \cdot [L_n \cdot \sin(\gamma + \alpha_{\text{шн}}) / \cos(\gamma) - B_n];$	(3.2)
$\Delta A = 0,5 \cdot [B_n - L_n \cdot \sin(\gamma - \alpha_{\text{шн}}^{\text{max}}) / \cos(\gamma)];$	(3.3)
$\Delta D = 0,5 \cdot [L_n \cdot \sin(\gamma + \alpha_{\text{шн}}^{\text{max}}) / \cos(\gamma) - B_n].$	(3.4)

Висновок про траєкторію руху точки контакту між краєм пачки і обертанням гвинтового конвеєра транспортної системи показано в таблиці 31, згідно зі схемою на малюнку 3.2, і на графіку на рисунку 3.4.



a



б

Рис. 3.4. Координати твірної лінії профілю шнека: а) конвейєр 1, точки А, D; б) конвейєр 2, точки В, С

Рис.3.5. Транспортна система зображена з використанням конструктивно простого способу завантаження упаковки у формі паралелепіпеда для транспортування шнековим конвейєром.

Направляюча транспортера направляє контейнер по діагоналі до шнека. Коли вони поєднуються, утворюється шнек, в який можна вставити спіраль шнека.

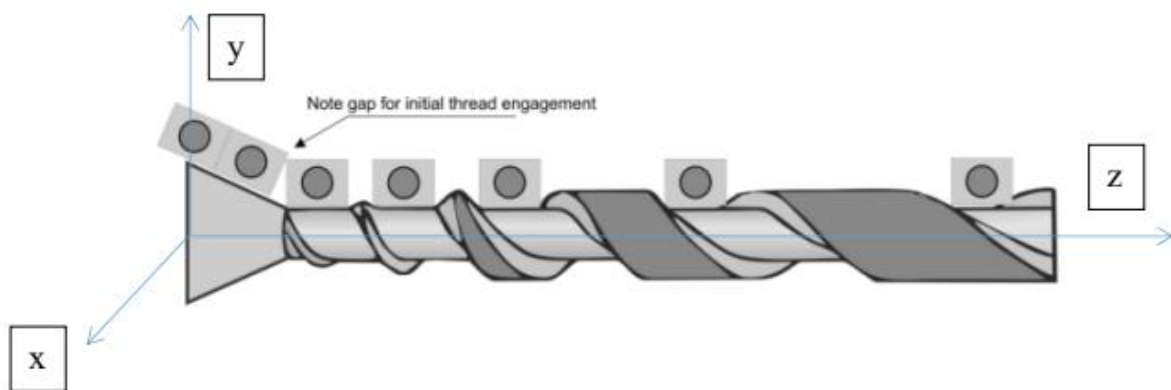


Рис.3.5. Транспортна системах конусним завантаженням упаковки в форми паралелепіпеда

Процес подачі упаковки в транспортну систему здійснюється за допомогою гвинтів, які працюють за схематичною схемою. 2.5. Це може бути описано системою рівнянь:

Рухайтесь по направляючої:

Початкові умови:

$$X_{An} = 0 \text{ мм} ; Y_{An} = Y_{max} \quad (3.5)$$

Кінцеві умови:

$$X_{Ak} = X_{max} \text{ мм} ; Y_A = Y_{max} \text{ мм}, \quad (3.6)$$

Де X_{max} ; Y_{max} – габаритні розміри напрямної.

Рівняння зміни параметрів у системі координат xoy :

- переміщення вздовж осі шнека:

$$X_A = X_{max} \cdot \cos \alpha \cdot k_s, \quad (3.7)$$

або за умови безперервної подачі упаковки в шнек з рівномірним законом руху без прискорення

$$X_A = X_{max} \cdot \cos \alpha \cdot \frac{t}{T} = X_{max} \cdot \cos \alpha \cdot \frac{\varphi}{360}. \quad (3.8)$$

k_s – коефіцієнт приросту переміщення, безрозмірна величина, залежить від закону переміщення;

t – час переміщення;

T – тривалість етапу переміщення по напрямній;

– кут нахилу напрямної відносно осі переміщення.

– кут повороту шнека.

ордината:

$$Y_A = Y_{max} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{t}{T} = Y_{max} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{\varphi}{360}. \quad (3.9)$$

Переміщення точок т. В, т.С, т.Д можна описати рівняннями:

$$\text{т. В} \quad \begin{cases} X_B = X_A - l_n \cdot \cos \alpha; \\ Y_B = Y_A - l_n \cdot \sin \alpha, \end{cases} \quad (3.10)$$

де l_n – довжина пачки (довжина грані пачки, яка ковзає по напрямній).

$$\text{т. D} \quad \begin{cases} X_D = X_A + b_n \cdot \sin \alpha; \\ Y_D = Y_A + b_n \cdot \cos \alpha, \end{cases} \quad (3.11)$$

де b – ширина пачки,

$$\text{т. C} \quad \begin{cases} X_C = X_A - \sqrt{l_n^2 + b_n^2} \cdot \cos \left(\alpha + \tan^{-1} \frac{b_n}{l_n} \right); \\ Y_C = Y_A + \sqrt{l_n^2 + b_n^2} \cdot \sin \left(\alpha + \tan^{-1} \frac{b_n}{l_n} \right). \end{cases} \quad (3.12)$$

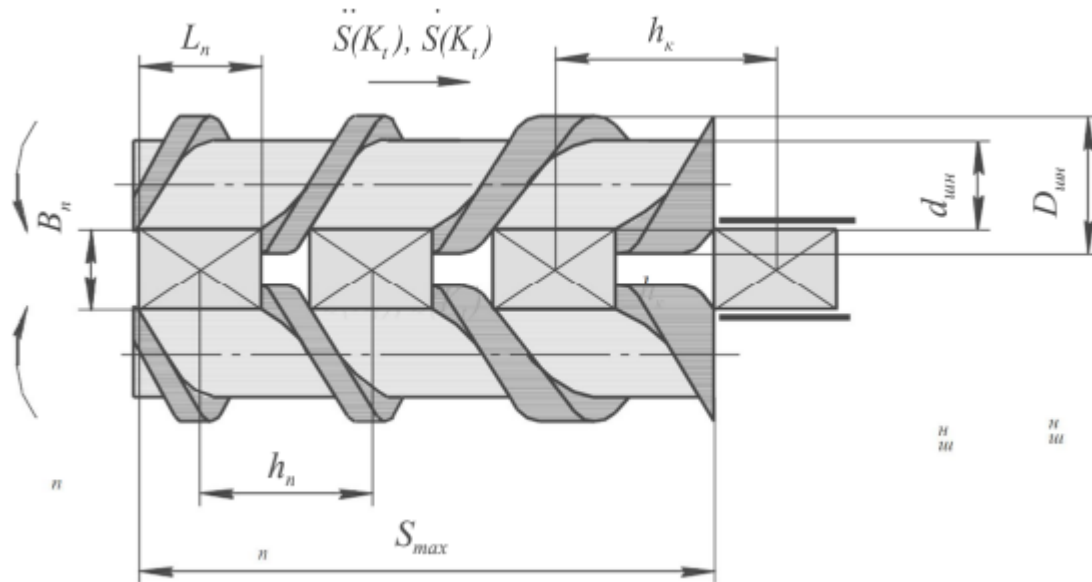


Рис.3.8 Схема переміщення картонної пачки шнековим конвеєром зі змінним кроком: 1, 2 - шнековий конвеєр зі змінним кроком; 3- картонна пачка

Подальше переміщення упаковки може відбуватися відповідно до різних законів переміщення та складу переміщення упаковки.

На малюнку 3.9 показана схема переміщення картонних пачок в транспортній системі з гвинтовим конвеєром зі змінним кроком.

Для позначення зазначених параметрів використовуються такі символи: h_n і h_k відображають відстань між початковим (мінімальним) і кінцевим (максимальним) пучками; d_{shn} і D_{shn} визначають внутрішній і зовнішній діаметр шнека; L_n і B_n відповідають довжині і ширині пучка, а S_{max} - робочій довжині від гвинта. Рух пучка може бути описано різними законами зміни прискорення під час розгону, використовуючи рівняння зміни відповідного кінематичного параметра, як показано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.3. Кінематичні параметри лінійного переміщення споживчої упаковки на етапі розгону

Переміщення лінійного органу	Швидкість переміщення робочого органу	Прискорення робочого органу
Закон переміщення:		
1. рівномірне прямолінійне переміщення		
$s(t) = \frac{S_{max} \cdot t}{T}$	$\dot{s}(t) = \frac{S_{max}}{T}$	$\ddot{s}(t) = 0$
2. переміщення з постійним прискоренням		
$s(t) = \frac{S_{max} \cdot t^2}{T^2}$	$\dot{s}(t) = \frac{2 \cdot S_{max} \cdot t}{T^2}$	$\ddot{s}(t) = \frac{2 \cdot S_{max}}{T^2}$
3. з постійно зростаючим прискоренням		
$s(t) = \frac{S_{max} \cdot t^3}{T^3}$	$\dot{s}(t) = \frac{3 \cdot S_{max} \cdot t^2}{T^3}$	$\ddot{s}(t) = \frac{6 \cdot S_{max} \cdot t}{T^3}$
4. з постійно спадаючим прискоренням		
$s(t) = \frac{S_{max} \cdot t^2}{2 \cdot T^3} (t - 3T)$	$\dot{s}(t) = \frac{3 \cdot S_{max}}{2 \cdot T^3} \left[1 - \left(\frac{t}{T} - 1 \right)^2 \right]$	$\ddot{s}(t) = \frac{3 \cdot S_{max}}{T^2} \left(1 - \frac{t}{T} \right)$
5. зміна прискорення за косинусоїдальним законом		
$s(t) = \left(1 - \cos \left(\frac{\pi \cdot t}{2T} \right) \right) \cdot S_{max}$	$\dot{s}(t) = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{S_{max}}{T} \cdot \sin \left(\frac{\pi \cdot t}{2T} \right)$	$\ddot{s}(t) = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{S_{max}}{T^2} \cdot \cos \left(\frac{\pi \cdot t}{2T} \right)$
6. зміна прискорення за синусоїдальним законом		
$s(t) = S_{max} \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{\sin \left(\frac{\pi \cdot t}{T} \right)}{\pi} \right]$	$\dot{s}(t) = \frac{2S_{max}}{T} \cdot \sin^2 \left(\frac{\pi \cdot t}{2T} \right)$	$\ddot{s}(t) = \pi \cdot \frac{S_{max}}{T^2} \cdot \sin \left(\frac{\pi \cdot t}{2T} \right)$

Для виконання математичного аналізу переміщення пучка в розрахунок вводиться коефіцієнт збільшення кінематичних параметрів переміщення пучка.

Кінематичні параметри руху пучка описуються наступною формулою:

$$\left\{ \begin{array}{l} S = S_{max} \cdot k_s; \\ S' = (S_{max} / t) \cdot k_v; \\ S'' = (S_{max} / t^2) \cdot k_a, \end{array} \right. \quad (3.13)$$

Де k_s , k_v і k_a різні для різних законів руху, відповідно, при дотриманні відповідних умов. зміщення, швидкість і розворот пучка визначаються відповідно до рівняння, представленого в таблиці.

Дослідження кінематичних параметрів з використанням безрозмірних коефіцієнтів дозволяє визначити мінімально необхідну робочу довжину шнекового транспортера (S_{max}), кількість обертів шнека, необхідне для досягнення відповідного кроку між пачками на виході з шнекового транспортера пакувальної машини, і порівняти збільшення цього кроку між пакетами на виході з шнекового транспортера пакувальної машини. зв'язується відповідно до Закону зміщення. [10]

3.2. Розрахунок параметрів твірної лінії шнекових конвеєрів із поєднанням операції групування.

Метою цього дослідження є шнекова транспортна система, яка використовується для зміни орієнтації упаковки в транспортній системі пакувальних ліній.

Методологія включає в себе теоретичний аналіз функцій гвинтової транспортної системи і математичне моделювання процесу.

Досліджувані шнекові конвеєри забезпечують виконання цілого ряду операцій, включаючи відділення споживчих упаковок від рядів, поетапне розміщення упаковок, їх угруповання і орієнтацію для наступних технічних операцій. Він також відповідає за подачу упаковки в наступні технічні модулі пакувальної лінії/обладнання (рис. 3.9).

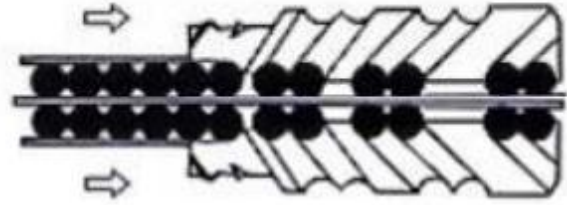
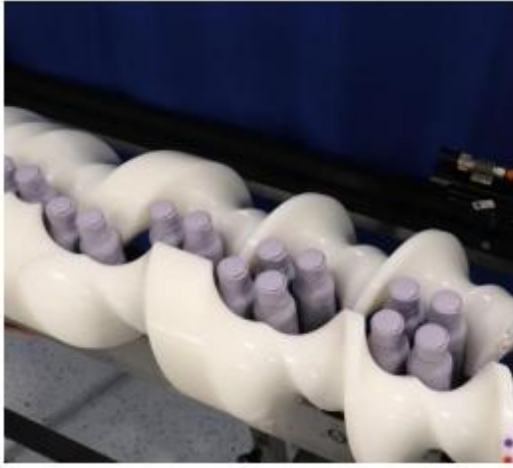


Рис.3.9 Технологічна схема модулів подачі ряду пакованих одиниць у потоковій лінії

Результати дослідження включають аналіз основних геометричних і кінематичних властивостей гвинтового і круглого пакетів поперечного перерізу при переміщенні пакета у вигляді паралелепіпеда. В результаті проведеного аналізу було встановлено математичний зв'язок для визначення геометричних параметрів поверхні контакту між шнековим конвеєром і упаковкою без прискорення.

$$\begin{cases} x = [R + r \cdot \cos(\alpha \cdot Kt)] \cdot \cos(\beta \cdot Kt); \\ y = [R + r \cdot \cos(\alpha \cdot Kt)] \cdot \sin(\beta \cdot Kt); \\ z = r \cdot \sin(\alpha) + Lp \cdot Kt, \end{cases} \quad (3.14)$$

де x, y, z – координати точок поверхонь; R, r – радіуси осьовий шнека та перерізу; Lp – робоча довжина поверхні шнека; Kt – безрозмірний коефіцієнт приросту часу; $\alpha, \beta = 0^\circ \dots 360^\circ$

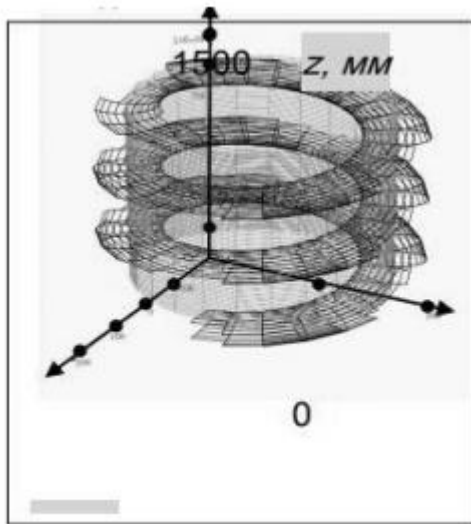


Рис.3.10 Графік, який відображає взаємодію між поверхнею шнекового конвеєра та упаковкою

Вивчення геометричних параметрів шнека дозволяє визначити його раціональні Геометричні, кінематичні і динамічні параметри - навантаження на упаковку при переміщенні в шнеку. Це забезпечує безперервну та високопродуктивну роботу машини ПМ або пакувальної лінії.

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РУХУ УПАКОВКИ

4.1. Експериментальне дослідницьке середовище.

Проведення експериментального дослідження визначається вивченням кінематики переміщення картонних пачок в транспортній системі з подвійним шнеком.

Метою даного дослідження є технічний процес переміщення картонних упаковок в шнекової транспортної системі, яка поєднує в собі і виконує наступні операції: підйом і переміщення, поворот на кут 90 градусів, рух рівним кроком і спотикання в циклі.

Предметом даного дослідження є кінематичні параметри переміщення точок дотику кінців картонних упаковок з гвинтами.

Методологія нашого дослідження включає теоретичний аналіз і математичне моделювання роботи гвинтових транспортних систем.

4.2. Ціль експериментального дослідження.

Даний етап дослідження спрямований на визначення кінематичних параметрів переміщень картонних пачок, що транспортуються спареними шнеками, і порівняння їх з математичними моделями, отриманими на основі теоретичних розрахунків.

Основна мета-перевірити точність математичних залежностей для визначення значень зміщення, отриманих у розділі 3.

Для досягнення цієї мети були проведені пасивні експерименти, а подальша обробка отриманих даних проводилася в програмі MS Excel.

4.3 Характеристика експериментальної установки для аналізу процесу.

Експериментальна установка являє собою транспортну систему з подвійним шнеком, що складається з 2 послідовно з'єднаних модулів :

- Розгорніть картонну упаковку під кутом 90 градусів і розташуйте її на запропонованому кроці для наступної технічної операції (рис. 4.1);
- Подача і збір в стабільному режимі для виконання технічних операцій (рис. 4.2).

4.4 Опрацювання даних експерименту

Який план експерименту?:

- Визначення вхідних параметрів (факторів),
- Вихідних параметрів (зворотній зв'язок) і
- Необхідних і достатніх умов експерименту для досягнення поставлених цілей з певною точністю.

Кількість виконаних поворотів гвинтів визначається як вхідний коефіцієнт, а в якості відповідної реакції – відповідна величина переміщення характерних точок картонної упаковки - точки контакту між кінцями картонної упаковки і гвинтами.

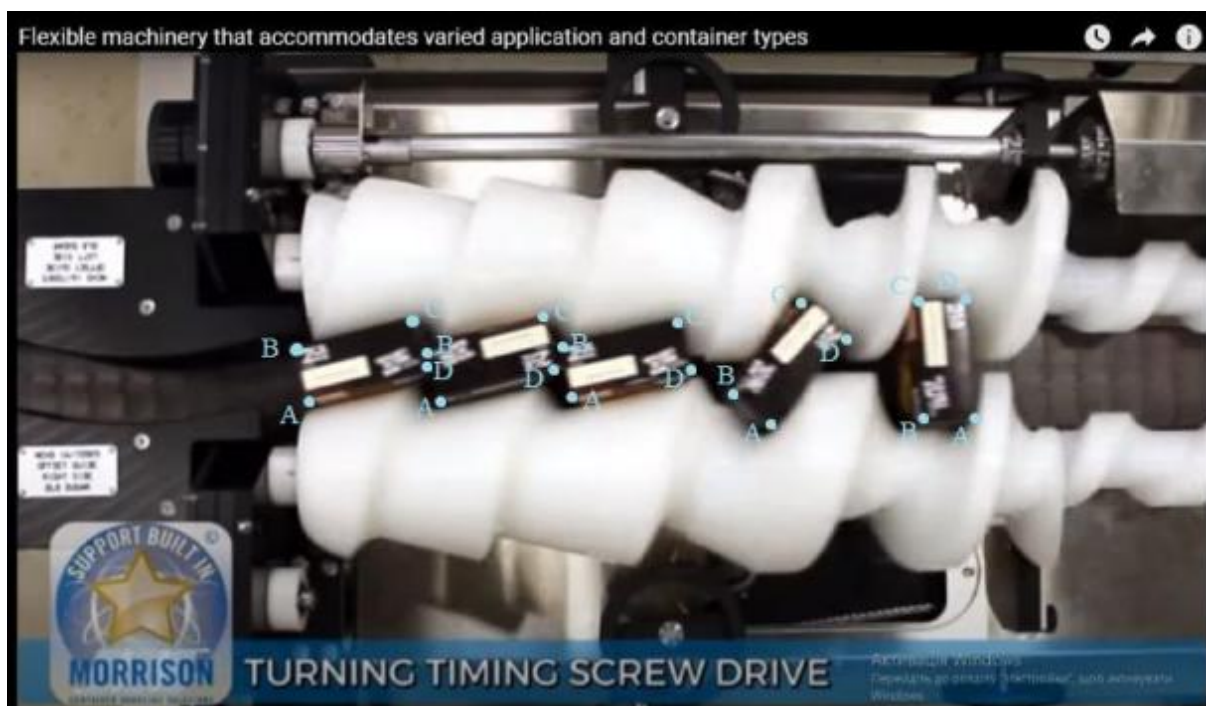


Рис. 4.1. Розміщення скляних банок при першому оберті шнеків

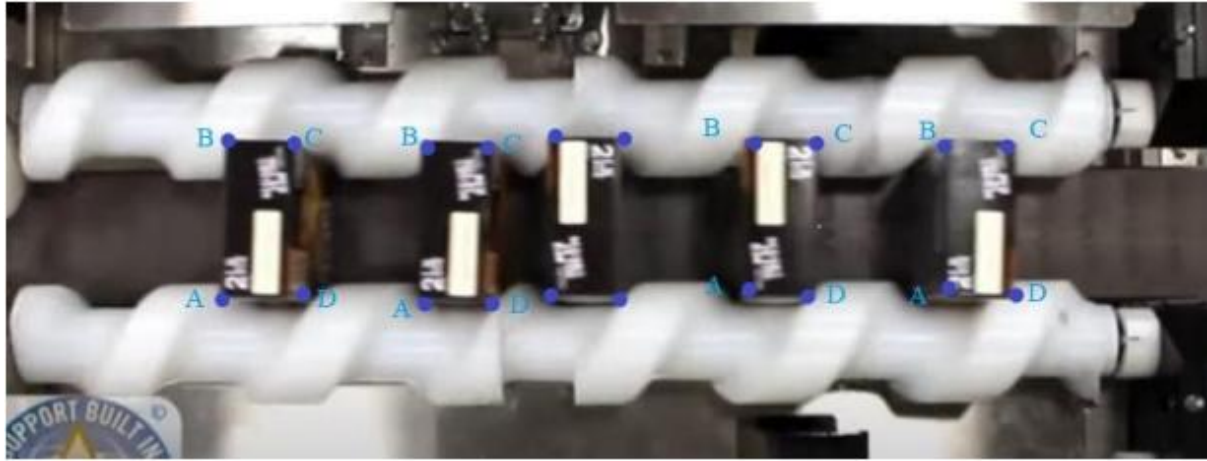


Рис. 4.2 Розміщення скляних банок при другому оберті шнеків

Таблиця 4.1. Результати проведеного дослідження переміщення пачки в шнекових транспортних системах, мм

Технологічна операція	Кут повороту шнека	Координати точок					Ордината, мм			
		Переміщення (вісь Oх), мм					Ордината, мм			
		A	B	C	D	O	A	B	C	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I. розвертання картонної пачки на кут 90 градусів та позиціонування з заданим кроком на наступні технологічні операції (рис.4.1)	0	17,544	0	157,79	181,08	-48,32	20,314	63,097	0	17,544
	360	186,01	176,57	334,88	348,93	-48,32	20,314	66,996	2,8727	186,01
	540	369,25	360,84	514,94	533,3	-39,6	27,804	63,508	4,1039	369,25
	720	642,67	588,19	694,89	742,81	-72,43	-29,86	86,079	45,553	642,67
	900	917,43	851,05	844,17	907,17	-68,74	-70,89	89,773	90,183	917,43

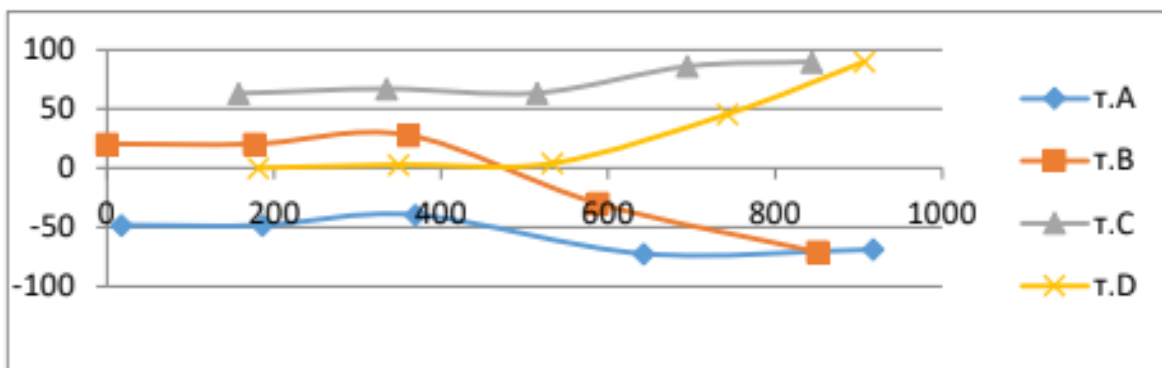


Рис. 4.3. Графіки твірної поверхні шнека в системі координат XOY.

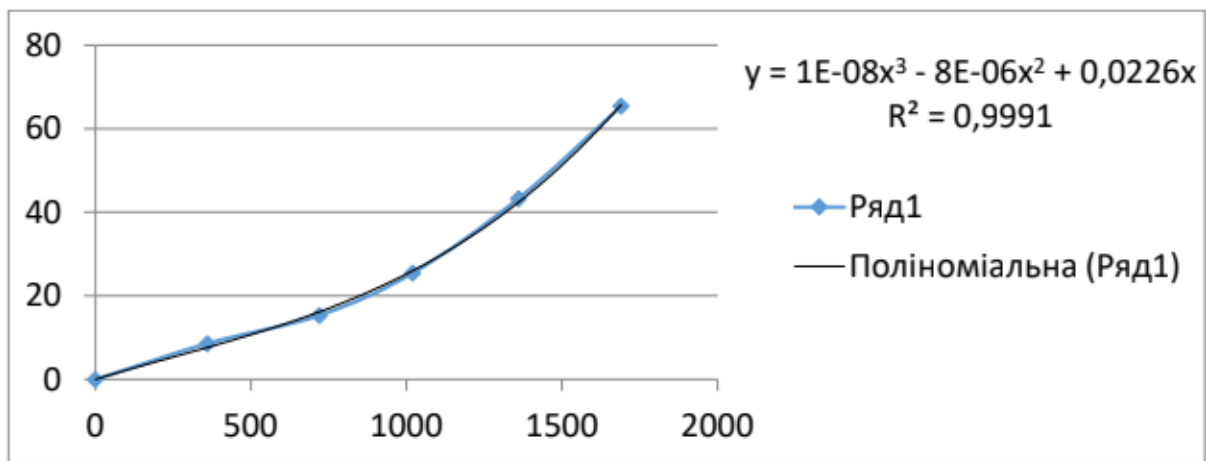


Рис. 4.4. Графік залежності переміщення центру мас пачки на I технологічній операції від кута повороту шнека

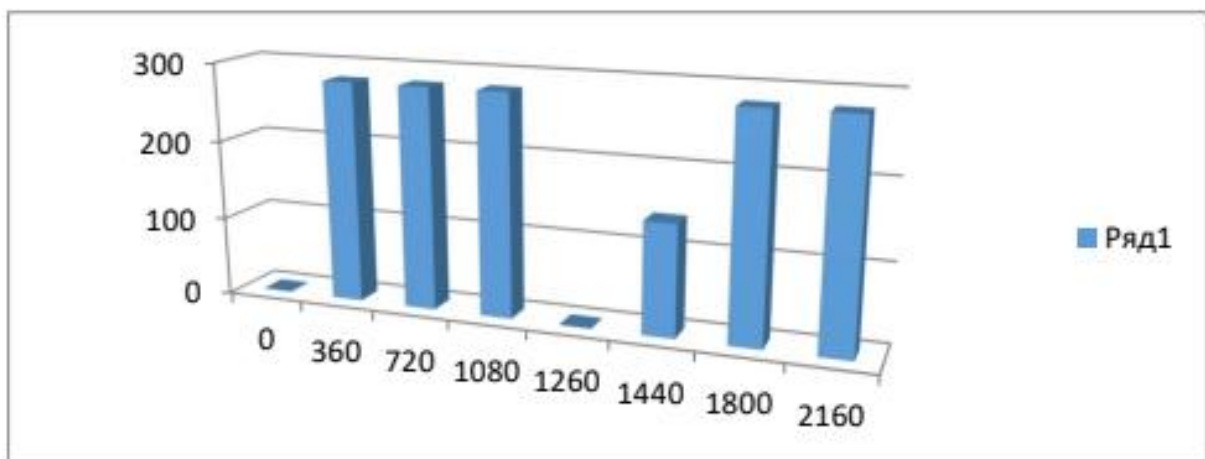


Рис.4.5 Діаграма залежності кроку переміщення відповідно до обертів шнека.

Для перевірки достовірності експерименту був використаний коефіцієнт кореляції Пірсона-г.

У наших експериментальних умовах значення R^2 становило близько 0,9. Враховуючи, що $R^2 \leq 0,81$, можна зробити висновок, що існує висока кореляція, яка виникла при інтерпретації отриманої моделі.

РОЗДІЛ 5. Охорона праці

Охорона праці – це система законодавчих актів і законів, відповідних економічних, механічних і санітарно-технічних норм, що націлені на збереження життя і здоров'я працівників підприємств.

Завдання охорони праці є мінімізування виробничих травм та професійних захворювань.

Шкідливі виробничі фактори, що впливають на шкідливий робочий процес представлені у (таблиці 5.1)

5.1 Характеристика виду шкідливих виробничих факторів:

1. Мікроклімат:

$t = 18 - 25 \text{ } ^\circ\text{C}$ (для цеху $14 - 16 \text{ } ^\circ\text{C}$)

$W = 40 - 60\%$

$P = 760$ мм ртутного стовпа

2. Світло – розподілення світлового потоку на робочій зоні.

- наявність не менше двох джерел світла – природного і штучного;

- рівномірність освітлення по робочій території;

- відсутність мерехтінь і

яскравих спалахів

Норма освітленості під час роботи - до 30 люкс/м²

3. Шум – це поєднання звуків різної частоти і сил, що

присутні на робочому місці.

Таблиця 5.1

Шкідливі виробничі фактори				
Хімічні	Фізичні	Біологічні	Психофізіологічні	
<ul style="list-style-type: none"> - токсичний пил; - хімічні гази; - хімічні викиди; 	<ul style="list-style-type: none"> - пил; - шум; - освітленість; - вібрації; - випромінювання; - температура; 	<ul style="list-style-type: none"> - бактерії; - віруси; - мікроорганізми; 	<ul style="list-style-type: none"> - нервові перевантаження; - стреси; - монотонність праці; 	-

4. Шкала звукового рівню:

- до 20 дБ – позначка рівню шепоту;
- до 40 дБ – позначка рівню розмовної мови;
- до 85 дБ – позначка рівню виробничого шуму;
- до 130 дБ – позначка рівню нестерпного шуму;
- до 180 дБ – позначка рівню «втоми металу».

5. Вібрація – це коливання різноманітних хвилевих процесів, щовідбуваються під час певних фізичних навантаженнях.

Перші признаки вібраційної хвороби:

- часті головні болі, головокружіння, непритомність;
- вушні або носова кровотечія , нервові стреси
- відхилення від прямоходіння, нервовий тип
- інсульти, інфаркти, паралізація організму

5.2 Вимоги що до виробничих процесів та устаткування

1. **Виробниче устаткування** повинне відповідати вимогам безпеки ДСТУ 12.2. 003-74.

2. **Виробниче устаткування,** що випускається підприємствами промисловості будівельних матеріалів, має бути погоджено однаковим вимогам по техніці безпеки і виробничій санітарії , що до конструкцій основних видів технологічного устаткування.

3. **Виробниче устаткування** повинне відповідати вимогам

безпеки протягом усього терміну робочої служби.

4. Безпека виробничого устаткування повинна забезпечувати:

- вибором принципів дії, конструктивних схем, безпечних елементів конструкцій та т.ін.;
- застосуванням у конструкції засобів механізації, автоматизації та дистанційного керування;
- використанням у конструкції засобів захисту робочого персоналу;
- відповідати ергономічним вимогам;
- включенням вимог безпеки у технічну документацію по монтажі, експлуатації, ремонту, транспортуванню та зберіганню.

5. Під час експлуатації виробничого устаткування, що виділяє шкідливі речовини, зміст речовин у повітрі робочої зони не повинне перевищувати гранично допустимих концентрацій, установлених ДСТУ 12.1.005-76.

6. Виробничі процеси мають відповідати вимогам безпеки за ДСТУ 12.3.002-75.

7. **Безпека виробничих процесів** має бути повністю забезпечена:

- вибором вихідних матеріалів, заготовок та напівфабрикатів;
- вибором виробничого устаткування, його розміщенням і організації робочих місць;
- розподілом функцій між людиною і устаткуванням з метою обмеження ваги праці;
- вибором способу зберігання і

транспортування вихідних матеріалів;

- професійним відбором та навчанням працюючого особового складу;
- застосуванням засобів захисту особового складу;

8 Під час організації й проведенні технологічних процесів повинні бути передбачені:

- усунення безпосереднього контакту працюючих з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією й відходами виробництва, що роблять шкідливий вплив;
- заміна технологічних процесів і операцій, пов'язаних з виникненням небезпечних і шкідливих виробничих факторів, процесами й операціями, при яких зазначені фактори відсутні або мають меншу інтенсивність;
- одержання інформації у виникненні небезпечних і шкідливих виробничих факторів на окремих технологічних операціях;
- система контролю й керування технологічним процесом, яка забезпечує захист працюючих й аварійне відключення виробничого встаткування;
- своєчасне видалення й знешкодження відходів виробництва, що є джерелами небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Вимоги безпеки до технологічного процесу повинні бути викладені в технологічній документації.

9. Вміст шкідливих речовин:

У викидах виробничих процесів не повинне викликати

збільшення концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів і у водоймах санітарно-побутового водокористування вище гранично припустимих величин, установлених затвердженими Держбудом, Санітарними нормами проектування промислових підприємств (ДСП 173- 96).

5.3 Електробезпека

Електричні мережі та електрообладнання, що експлуатуються на підприємствах, що мають відповідати вимогам чинних «Правил роботи електрообладнання», «Правил технічної експлуатації електронних обладнань» і «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів» і інших нормативних документів.

З метою забезпечення (дотримання) пожежної безпеки усі електроустановки мають бути захищені спеціальними апаратним захистом від струмів короткого замикання, що можуть призвести до пожежі. Плавкі вставки запобіжників мають бути калібровані з зазначенням на клеймі номінального струму (клеймо ставить завод-виготовлювач чи електротехнічна лабораторія). Забороняється застосування саморобних вставок.

У місцях, де є можливе утворення статичної електрики, мають бути встановлені заземлювальні пристрої.

5.4 Пожежна безпека

Категорія приміщення за вибухо-пожежною небезпекою – Г.

На підприємствах повинний бути встановлений порядок чи система оповіщення про пожежу, із яким слід ознайомити всіх працівників.

У приміщеннях повинні бути вивішені таблички з

номером пожежоохорони «101».

На території підприємств встановлюють декілька табличних схем евакуації особового складу, із якою потрібно ознайомити кожного працівника.

При виникненні пожежі необхідно негайно знеструмити обладнання у зоні пожежі, чи загоряння та вжити заходів для гасіння вогню.

Користуватись відкритим вогнем на території дозволяється тільки у спеціально відведених місцях, для чого слід вивісити на видних місцях відповідні попереджувальні та вказівні знаки.

Всі приміщення, за для гарантійної безпечної евакуації особового складу у випадку пожежі, повинні мати евакуаційні шляхи і виходи.

Двері евакуаційних виходів відчиняти у напрямку виходу із будівлі. Влаштувати розсувні, підйомні і обертові двері на евакуаційних шляхах забороняється.

Усі виробничі та підсобні приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами гасіння пожежі. Пожежне обладнання і інвентар слід розміщувати на видних та легкодоступних місцях, щоб тримати їх цілком справними і готовими до негайного використання. Встановлюються постійний контроль за їх технічним станом та працеспроможністю. Ширина проходу після установки огороження повинна бути не менше: 1,2 - 1,5 м. Ширина головних проходів у цехи має бути не менше: 1,5 м. Ширина проходу уздовж стрічкових конвеєрів шириною до 600 мм має бути не менше 0,8 м і уздовж широких конвеєрів - не менше 1,1 м. Приводні станції кінцеві частини конвеєрів мають бути у доступі із трьох сторін при ширині проходів не менше одного метра.

5.5 Техніка безпеки під час роботи з системою транспортування:

1. Особи, не ознайомлені з правилами техніки безпеки, до роботи над системою транспортування не допускаються.
2. Під час роботи двигуна забороняється торкатися будь-чим дообертюваних і рухомих частин, а також струмоведучих елементів.
3. На приводній станції живильника завжди повинні бути протипожежні засоби.
4. При роботі в нічний час місця робітників транспортуючої станції, а також місця перевантаження з одного живильника на інший і вся виробничалінія повинні бути достатньо освітлені.
5. Перед початком роботи системи працівник зобов'язаний подавати звукові сигнали попередження.
6. Під час зупинок для ремонту, змащування чи огляду, система повинна бути відключена.
7. При короткочасних зупинках СТ всі рукоятки керування повинні бути поставлені в нульове положення.
8. Під час роботи системи всі огорожі гальм, муфт, зубчастих передач і т.д. повинні бути надійно закріплені.
9. Забороняється виконувати ремонт механізмів, а також обладнання під час роботи конвеєру.
10. Сходи, площадки і проходи між механізмами завжди повинні бути вільні від сторонніх предметів.

5.6 Надзвичайні ситуації

У виробництві може горіти: електроізоляція, дерев'яні

матеріали, горючі речовини. Категорія пожежної небезпеки цеху - В (згідно НАПБ Б.03002-2007), клас зони пожежонебезпеки П-Па, ступінь вогнестійкості II (згідно ДБН В 1.1-7-2002).

Основними причинами виникнення пожежі при виробництві є:

- несправність електроустаткування (коротке замикання, великі перехідні опори, перевантаження);
- розряд атмосферної і статичної електрики;
- самозаймання промасленого устаткування.

Заходи щодо пожежної безпеки підрозділяються на організаційні, технічні й експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають: правильну експлуатацію устаткування, правильний зміст приміщення, протипожежний інструктаж робітників.

До технічних заходів відносять дотримання протипожежної безпеки, правил і норм при проектуванні будинку, при установці електроустаткування, опалення, освітлення і вентиляції та сповіщувачі.

Експлуатаційні заходи – це своєчасний огляд і ремонт технологічного устаткування та наявність засобів гасіння.

Для гасіння пожежі застосовуються вуглекисневі вогнегасники. Категорично забороняється тримати голою рукою розтруб під час гасіння пожежі, а також зберігати вогнегасники біля джерела тепла.

Будівля обладнана запасними двома виходами (на відстані $l = 30$ м, l (дверей) = 0,8 м та l (коридору) = 1,2 м) - згідно першої редакції проекту ДБН

«Будинки та споруди. Промислові будівлі», на заміну СНиП 2.9.02- 85*.

5.7 Промислове освітлення

Важливу роль у справі створення безпечних умов праці відіграє освітлення. Розрізняють природне, штучне і сполучене освітлення. Санітарні норми вимагають максимально можливого використання природного освітлення приміщень, тому що останнє підвищує захисні функції організму, стимулює і нормалізує роботу різних його систем.

У денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом.

Для цього вибирається бічне освітлення, через світлові прорізи в зовнішніх стінах.

Робота з обслуговування устаткування відноситься до VI розділу підрозділу "а", тобто загальне спостереження за технологічним процесом. Для приміщення виробничого цеху рекомендована освітленість $E_n = 200$ лк. Забезпечення рівномірного розподілу освітленості досягається в тому випадку, якщо відношення відстані між центрами світильників L до висоти їх підвісу над робочою поверхнею H р складе для світильників типу ДРИ. Для штучного освітлення цеху обираємо стандартну лампу - ДРИ-400, світловий потік якої дорівнює 19000лм. Кількість ламп $N=25$ шт. $E_f = 250$ лк

ДБНВ 2.5.2.8

ВИСНОВКИ

Аналіз пристрою для зміни орієнтації упаковки виявив особливості роботи шнекових конвеєрів-поєднання їх безперервного обертання для переміщення упаковки за різними законами в площині або просторі з можливими зупинками для виконання необхідних технічних операцій. Відзначаються простота конструкції, швидка зміна швидкості обертання і, відповідно, продуктивність, а також легке регулювання роботи в залежності від ходу лінії. Аналіз профілю гвинтової транспортної системи підтвердив переваги використання транспортних систем з гвинтовими конвеєрами і перспективи розробки надійної методології їх проектування.

В результаті дослідження етапу переорієнтації шнекового конвеєра була отримана залежність для визначення оптимальних геометричних параметрів профілю шнека, яка забезпечує безперебійну високопродуктивну роботу пакувальної машини і мінімізує пошкодження упаковки.

Експериментальне дослідження кінематичних параметрів руху упаковки дозволяє підтвердити результати математичного моделювання профілю шнека, зокрема упаковки, і застосувати закон рівномірного руху.

Список використаної літератури

1. Деренівська А. В. Дослідження операцій переміщення картонної упаковки у формі паралелепіпеда за допомогою шнека у пакувальних машинах / А. В. Деренівська, Л. О. Кривопляс-Володіна, О. М. Гавва // Новітні технології пакування : матеріали доповідей VIII науково-практичної конференції молодих вчених, 2012 р., м. Київ. – К. : НУХТ, 2012.
2. A Pioneer In Timing Screw Technology / Kinsley Inc. | Powered by KinsleyInc. – Режим доступу: <https://www.kinsleyinc.com/>
3. THE QUICK GUIDE TO TIMING SCREWS MAINTENANCE / CSSInternational All Rights Reserved. – Режим доступу: <https://cssintl.com/>
4. TIMING SCREWS. The Packaging Line Workhorse – Режим доступу:<https://www.fraingroup.com/wp-content/uploads/Timing- Screws.pdf>
5. Timing Screws/ Ernst Timing Screw Co – Режим доступу: <https://www.ernsttiming.com/timing.html>
6. Гавва О.М. Пакувальне обладнання. Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. – К.: ІАЦ “Упаковка”, 2008. – 436 с.
7. Кривопляс-Володіна Л.О. Основи наукових досліджень у прикладних задачах: навч. посіб. для студ. вищ.навч.зак./Кривопляс-Володіна Л.О., Гавва О.М., Яровий В.Л., Токарчук С.В. – К.: Сталь, 2016. – 271 с.
8. Пакувальне обладнання : підруч. для студ. ВНЗ / О. М. Гавва, А. П. Беспалько, А. І. Волчко, О. О. Кохан. – К.: ІАЦ «Упаковка», 2010. – 744с.
9. Патент №36132-36134 UA, МПК (2006) B65B 43/00 Пристрій для

поштучного виділення і подачі із стопи плоско складених заготовок коробок і їх формування / Гавва О. О., Волчко А. І., Гавва О. М., Волчко А. А, Юхно М. І., заявник Національний університет харчових технологій. – № и 2008 07099; заявл. 21.05.2008; опубл. 10.10.2008 , Бюл.№ 19, 2008 р.

10. Моделювання процесів пакування: підручник / А.І. Соколенко, В.Л. Яровий, В.А. Піддубний, К.В. Васильківський; за ред. А.І. Соколенка ; НУХТ. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 272 с.

11. Derenivska, A. V. Research of the profile's geometry of screw conveyors, which are forming part of transport systems for moving carton packages / A.

V. Derenivska, O. M. Gavva , V. M. Lyubimov // Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies. - 2014. – № 4. – P. 142- 146.

12. Видмиш А. А. Теоретична механіка. Динаміка. Розрахунково-графічні та контрольні завдання: [навч. пос.] / А. А. Видмиш, В. О. Приятельчук, В. О. Федотов – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 143 с.

13. Матеріали 87 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті", 15–16 квітня 2021 р. – Київ: НУХТ. – Ч.2.

14. Матеріали 88 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті", 15–16 квітня 2021 р. – Київ: НУХТ.

– Ч.2.

15. Деренівська А. В. Дослідження операцій переміщення картонної упаковки у формі паралелепіпеда за допомогою шнека у пакувальних машинах / А. В. Деренівська, Л. О. Кривопляс-Володіна, О. М. Гавва // Новітні технології пакування : матеріали доповідей VIII науково-практичної конференції молодих вчених, 2012 р., м. Київ. – К. : НУХТ, 2012. – С. 37-40.

16. Деренівська, А. В. Дослідження геометрії шнекових конвеєрів для переміщення упаковки у формі паралелепіпеда / А.В. Деренівська, В.М.Любимов, О.М. Гавва // Новітні технології пакування : матеріали доповідей X науково-практичної конференції молодих вчених / Національний університет харчових технологій ; Міністерство освіти і науки України; Клуб пакувальників України ; АТ «Київський міжнародний контрактний ярмарок» — К. : НУХТ, 2014. — С. 32-35.

17. Деренівська, А. В. Переміщення картонних пачок нековими конвеєрами акувальних машинах / А.В. Деренівська,Л.О. Кривопляс-Володіна, О. М. Гавва // Упаковка. – 2012. – № 4. - С. 46-48.

18. .Деренівська, А. В. Технологія і техніка друкарства : новітні технології і обладнання поліграфії :тези доповідей міжнародного науково- технічного семінару аспірантів, професорсько-викладацького складу, 2012 р., м. Київ. – К. : НУХТ, 2012. – С. 28-30.

19. Кодра Ю. В., Стоцько З. А. Технологічні машини. Розрахунок і конструювання: Навч. посібник / За ред. З. А. Стоцько. — Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. — 468 с.

20. Масло, М. А. Конструктивні елементи транспортних систем пакувального обладнання / М. А. Масло, О. М. Гавва // Упаковка. – 2006.

– № 2. – С. 44–46.

21. Павловський М. А. Теоретична механіка: [підручник] / М. А. Павловський. – К.: Техніка, 2002. – 512 с. – ISBN 966-575-184-0.

22. Проектування пакувального обладнання із мехатронних модулів./ М.В. Якимчук, О.М. Гавва, А.П.Беспалько та ін. – К: Видавництво

«Сталь», 2017. – 515 с.

23. Функціонально-модульне проектування пакувальних машин: монографія / О.М. Гавва, Л.О. Кривопляс-Володіна, С.В. Токарчук та ін. ; за ред. О. М. Гавви ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : Сталь, 2015. — 547 с.

24. Чернілевський Д. В. Технічна механіка. Кн.І. Теоретична механіка: [підруч. для студен. технол. спец. вузів] / Д. В. Чернілевський, Я. Т. Кіницький, В. М. Колосов та ін.; за ред. Д. В. Чернілевського. – К.:НМК ВО, 1992. – 384 с.

25. Пакувальне обладнання: підруч. / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А. І. Волчко, О. О. Кохан. — Київ : ІАЦ "Упаковка", 2010. – 744 с.

26. Сологуб М.А. Матеріалознавство і технологія матеріалів: Курс лекцій/М.А. Сологуб – К.: НУХТ, 2008 – 123с.

27.8. Таран В.М. Технологічне обладнання галузі. Ч1.: Конспект лекцій/ В.М.

28. Сертифікація, гігієнічне забезпечення та метрологічна атестація пакувального обладнання: навч. посіб. / О. М. Гавва, А. П. Беспалько, С. В. Токарчук ; МОН України, Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2014.— 268 с.

29. Проектування пакувального обладнання із мехатронних

модулів./ М.В. Якимчук, О.М. Гавва, А.П.Беспалько та ін. – К: Видавництво «Сталь», 2017. – 515 с.

30.2016. – 160 с. 12. Деталі машин: зб. завдань та прикладів розрахунків / В. О. Малащенко, В. Т. Павлице. — Львів : Новий Світ-2000, 2009. — 136 с.

31. 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.

32. Гевко Б.М. Технологія виготовлення спіралей шнеків: Львівський університет / Б.М. Гевко. - 1986 – 128с.

33. Прерис А.М. SolidWorks 2005/2006. Учебный курс. / А.М. Прерис. – СПб.: Питер, 2006. – 528 с.: ил.

34. Таланчук П. М. Норми української науково-технічної мови. Тлумачний словник термінів з видавничої, поліграфічної та пакувальної справи / П.М.Таланчук, С.Я. Ярема, Ю.М. Коровайченко та ін. – К. – Львів: Ун- тет «Україна». – 2006. – 664 с

35. Таран, В.І. Теличкун, О.А. Терещенко, С.О. Удодов – К.: НУХТ, 2008 –155с.

36. Термінологічний словник пакувальника / Сторіжко Й.І., Гавва О.М.,Беспалько А.П., Волчко А.І. – Київ: ІАЦ “Упаковка”, 1999. – 80 с.

37. Тертя в машинах і системах транспортування вантажів: монографія /А.І.Соколенко, О.П. Мацко, В.А. Піддубний та ін. ; за ред. А. І.Соколенко. – К. : ЛЮКСАР, 2007. – 246 с.

38. Andersson O. Experiment!/: Planning, implementing and interpreting /O. Andersson. – 2012. – 288 p.

39. Dean Angela. Handbook of Design and Analysis of Experiments / Angela Dean, Max Morris, John Stufken, Derek Bingham. - Series: Chapman & Hall/CRC Handbooks of Modern Statistical Methods. – CRC Press, 2015. – 924 p.

40. Hardwick Colin. Practical Design of Experiments: DoE Made Easy! / Colin Hardwick. – 1 edition. – CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013.

– 50 p.

41. Montgomery Douglas C. Design and Analysis of Experiments Douglas C. / Montgomery. – 6 edition. – Wiley, 2004. – 660 p.

42. TIMING SCREWS/ Morrison Timing Screw Co – Режим доступу: <https://morrison-chs.com/timing-screws>

43. Wu C. F. Jeff. Experiments: Planning, Analysis, and Optimization / C. F. Jeff Wu, Michael S. Hamada. – 2nd Edition. - 2009. - 760 p.

44. Кармелюк Г.І. Теорія ймовірностей та математична статистика: посібник з розв'язування задач: навч. посібник. — К.: Центр учбової літератури, 2007 – 576 с.

45. Лежнюк П.Д. Основи теорії планування експерименту: лабораторний практикум / П.Д. Лежнюк, О.Є. Рубаненко, Ю.В. Лук'яненко. – В.:ВНТУ, 2006. – 167 с.

46. Транспортно-технологічні системи пивзаводів / А.І. Соколенко, А.І. Українець, В.А. Піддубний ; за ред. А.І. Соколенка. – К.: АртЕк, 2002. –304 с.

47. Філіпенко А.С. Основи наукових досліджень: конспект лекцій /А.С. Філіпенко – К.: Академвидав, 2004. – 208 с.

48. Цюцюра В.Д. Метрологія та основи вимірювань: навч. посібн. / В.Д. Цюцюра, С.В. Цюцюра. - К.: Знання –Прес, 2003.-180с.