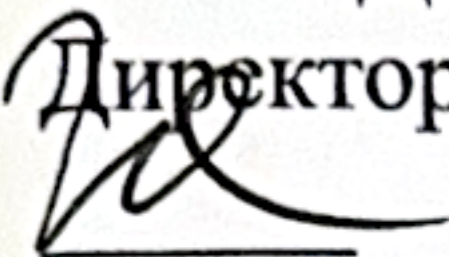


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

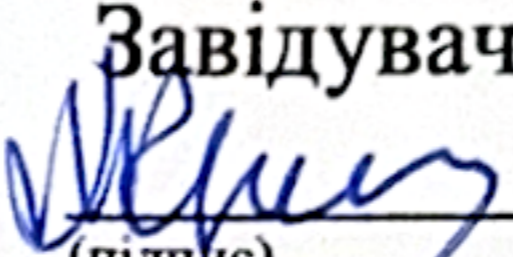
Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад. І.С.Гулого
Кафедра МЕХАТРОНИКИ ТА ПАКУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

(підпис) Сергій Блаженко
(ім'я та прізвище)

«16» Грудня 2024р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) Людімила Кривотплас-Волозіна
(ім'я та прізвище)

«16» Грудня 2024р.

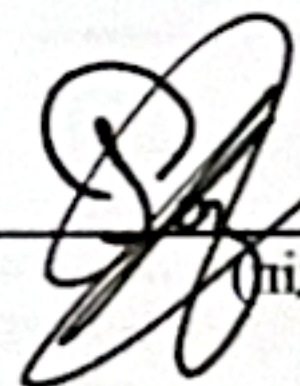
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

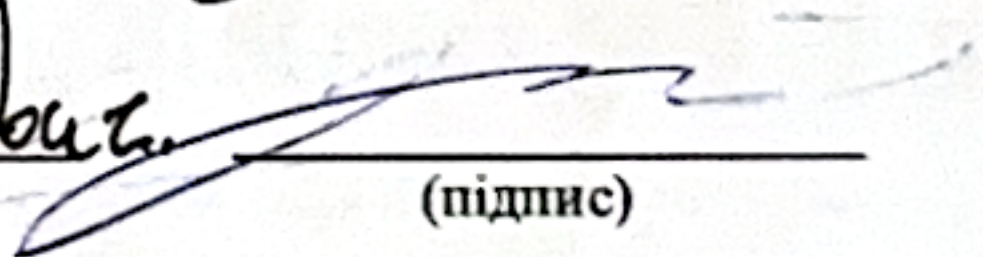
зі спеціальності 131 Прикладна Механіка
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Прикладна Механіка

на тему: Параметричний Аналіз технологічного процесу подачі
сипких продуктів в упаковку

Виконав: здобувач 2 курсу, групи 2М

Розумейко Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) 
(підпис)

Керівник Васильківський Константин Вікторович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) 
(підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

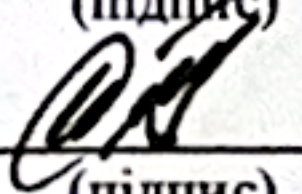
_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

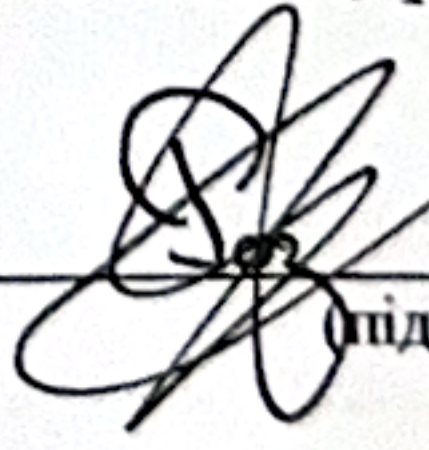
_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент Олександр ЧЕПЕЛЮК
(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)

Київ - 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННТГІ ім акад І.С.Гулого

Кафедра МЕХАТРОНИКИ ТА ПАКУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 131 „Прикладна Механіка“
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Прикладна МЕХАНІКА
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МПТ

Юрчан
Люділа Кривоногас-Володіна

«01» 10 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Розумейко Олександр Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Параметричний аналіз технологічного процесу подачі сирих продуктів в упаковку

керівник роботи Васильківський Констентин Вікторович к.т.н. доц
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» 1 2024 року № 853-К

2. Строк подання здобувачем роботи 02.12.2024

3. Вихідні дані до роботи 1. Мити обладнання! 2. Опис експериментальної установки.

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

Резюме; Вступ: 1. Теоретичні основи дослідження
2. Методи дослідження 3. Дослідження процесу подачі сирих продуктів.
4. Вимоги до процесів пакування сирих продуктів.
Висновки - Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу

10 арк (Презентація)

6. Консультанти розділів роботи

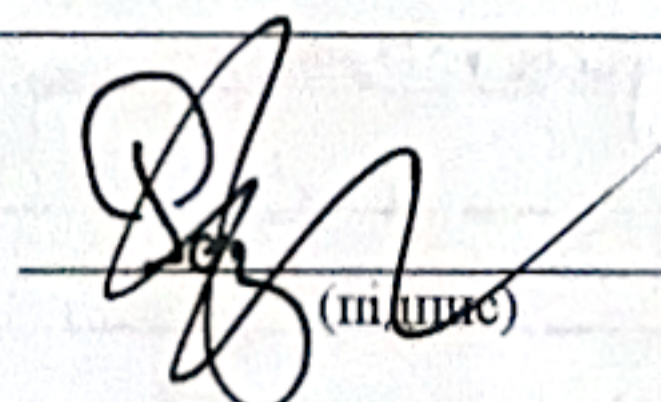
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 01.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

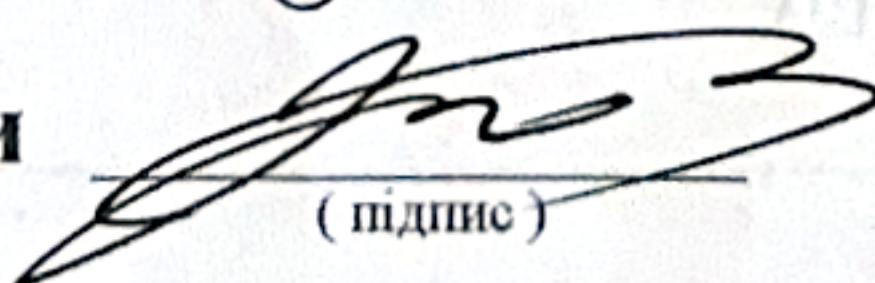
№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Резюме	14.09.24	
2.	Вступ	18.09.24	
3.	Теоретичні основи дослідження	21.09.24	
4.	Висновок до розділу 1	21.09.24	
5.	Методи дослідження	26.09.24	
6.	Висновок до розділу 2	30.09.24	
7.	Дослідження процесу Аодаті ситких продуктів	10.10.24	
8.	Висновок до розділу 3	12.10.24	
9.	Вимоги безпеки до процесів пакування ситких продуктів	12.10.24	
10.	Висновок до розділу 4.	18.11.24	
11.	Висновки	23.11.24	

Здобувач освіти


(підпис)

Олександр Рощейко
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

Константин Васильовський
(ім'я та прізвище)

«01» 10 2024 р.

Реферат

Параметричний аналіз технологічного процесу подачі сипких продуктів в упаковку

Сьогодні автоматизація технологічних процесів є однією з ключових умов підвищення продуктивності та якості виробництва. Упаковка сипких продуктів — це важливий етап, який безпосередньо впливає на якість і збереження продукту. Ефективність процесу подачі сипких продуктів у пакувальне обладнання визначається різноманітними параметрами, такими як швидкість подачі, рівномірність розподілу продукту та точність дозування.

Мета дослідження полягає у визначенні впливу параметрів процесу подачі сипких продуктів у пакувальне обладнання на ефективність виробництва та якість кінцевого продукту.

Завдання дослідження

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- Вивчення теоретичних основ процесу подачі сипких продуктів у пакувальне обладнання.
- Розробка методології проведення експериментальних досліджень.
- Проведення експериментальних досліджень впливу параметрів подачі на точність дозування та рівномірність розподілу продукту.
- Аналіз отриманих результатів та розробка рекомендацій для оптимізації процесу.

Методи дослідження

Для досягнення поставлених завдань використовуватимуться такі методи дослідження:

- Теоретичний аналіз літературних джерел.
- Експериментальні дослідження на обладнанні, яке використовується для подачі сипких продуктів.
- Статистичний аналіз результатів експериментів.

Очікувані результати дослідження

У результаті дослідження очікується отримати нові знання про вплив технологічних параметрів на процес подачі сипких продуктів у пакувальне обладнання. Це дозволить розробити рекомендації для оптимізації цього процесу, що підвищить якість та ефективність виробництва.

Структура роботи

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

- У вступі обґрунтовується актуальність дослідження, визначаються його мета та завдання, даються короткі відомості про методи дослідження.
- У першому розділі розглядаються теоретичні основи подачі сипких продуктів у пакувальне обладнання.
- У другому розділі наведено результати експериментальних досліджень впливу параметрів на процес подачі продуктів.
- У третьому розділі аналізуються результати експериментів і розробляються рекомендації щодо оптимізації процесу.
- У четвертому розділі описуються заходи безпеки під час роботи з пакувальним обладнанням.
- У висновках підводяться підсумки дослідження і формулюються його основні результати.

Ключові слова: подача продуктів, сипкі матеріали, точність дозування, технологічний процес, експеримент, параметри оптимізації, пакувальне обладнання, якість продукції, автоматизація, аналіз процесів..

Abstract

Parametric Analysis of the Technological Process of Bulk Products Feeding into Packaging

Today, the automation of technological processes is one of the key conditions for increasing production efficiency and quality. The packaging of bulk products is a critical stage that directly affects the quality and preservation of the product. The efficiency of the process of feeding bulk products into packaging equipment is determined by various parameters, such as feed speed, uniform distribution, and dosing accuracy.

The research aims to determine the impact of the parameters of the bulk product feeding process on production efficiency and the quality of the final product.

Research Objectives

To achieve the goal, the following objectives must be fulfilled:

- Study the theoretical foundations of the process of feeding bulk products into packaging equipment.
- Develop a methodology for conducting experimental studies.
- Conduct experimental studies on the impact of feeding parameters on dosing accuracy and product distribution uniformity.
- Analyze the results and develop recommendations for optimizing the process.
- Research Methods

To achieve the outlined objectives, the following research methods will be used:

- Theoretical analysis of literature sources.
- Experimental studies on equipment used for feeding bulk products.
- Statistical analysis of the experimental results.

Expected Research Outcomes

The study is expected to provide new insights into the influence of technological parameters on the process of feeding bulk products into packaging equipment. This will enable the development of recommendations for optimizing the process, thereby improving product quality and production efficiency.

Structure of the Work

The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, and a list of references.

- The introduction substantiates the relevance of the research, defines its objectives and tasks, and provides a brief overview of the research methods.
- The first chapter examines the theoretical foundations of feeding bulk products into packaging equipment.
- The second chapter presents the results of experimental studies on the influence of parameters on the product feeding process.
- The third chapter analyzes the experimental results and develops recommendations for process optimization.
- The fourth chapter describes safety measures for working with packaging equipment.
- The conclusions summarize the research and formulate its main results.

Keywords: product feeding, bulk materials, dosing accuracy, technological process, experiment, parameter optimization, packaging equipment, product quality, automation, process analysis..

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Основні поняття та визначення, пов'язані з подачею сипких продуктів...8	
1.2. Загальні принципи транспортування і дозування сипких продуктів.....21	
1.3. Типи обладнання для подачі сипких продуктів.....26	
1.4. Особливості роботи пакувального обладнання для сипких продуктів.....31	
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	38
2.1. Вибір обладнання та матеріалів для експериментів.....38	
2.2. Визначення параметрів дослідження.....43	
2.3. Проведення експериментальних досліджень.....44	
2.4. Обробка та аналіз отриманих даних.....46	
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДАЧІ СИПКИХ ПРОДУКТІВ....	49
3.1. Опис експериментальної установки.....49	
3.2. Результати експериментальних досліджень.....54	
РОЗДІЛ 4. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ДО ПРОЦЕСІВ ПАКУВАННЯ СИПКИХ ПРОДУКТІВ.....	56
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63

ВСТУП

Актуальність теми

Сипкі продукти, такі як цукор, борошно, крупи, кава, порошкоподібні речовини тощо, є одними з найпоширеніших видів продукції, що підлягають упаковці. Їх пакування відіграє важливу роль у забезпеченні збереження, транспортування та зручності використання продуктів.

Процес подачі сипких продуктів у пакувальне обладнання є важливим етапом, який безпосередньо впливає на якість дозування, рівномірність розподілу та точність заповнення упаковки. Неточності або нерівномірність подачі можуть спричинити перевитрату матеріалів, дефекти упаковки або зниження якості кінцевого продукту.

Дослідження параметрів процесу подачі сипких продуктів є важливим для підвищення ефективності та оптимізації роботи пакувальних машин.

Мета дослідження

Метою дослідження є визначення впливу різних параметрів на процес подачі сипких продуктів у пакувальне обладнання для підвищення ефективності виробництва та забезпечення високої якості продукції.

Завдання дослідження

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

Вивчення теоретичних основ процесу подачі сипких продуктів у пакувальне обладнання.

Розробка методології проведення експериментальних досліджень.

Проведення експериментальних досліджень впливу різних параметрів на процес подачі сипких продуктів.

Аналіз результатів експериментів та розробка рекомендацій для оптимізації процесу.

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є процес подачі сипких продуктів у пакувальне обладнання.

Предмет дослідження

Предметом дослідження є вплив технологічних параметрів на ефективність та якість процесу подачі сипких продуктів.

Методи дослідження

Для досягнення поставлених завдань будуть використовуватися такі методи дослідження:

Теоретичний аналіз літературних джерел.

Експериментальні дослідження з використанням пакувального обладнання.

Статистичний аналіз отриманих даних.

Наукова новизна дослідження

Наукова новизна дослідження полягає у визначенні взаємозв'язку між технологічними параметрами та ефективністю подачі сипких продуктів. Отримані результати доповнюють наукові знання в області автоматизації процесів упаковки.

Практична значимість дослідження

Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення процесу подачі сипких продуктів у пакувальне обладнання. Це дозволить підвищити точність дозування, рівномірність заповнення упаковки та продуктивність обладнання, що загалом покращить якість кінцевого продукту та ефективність виробництва..

Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Основні поняття та визначення, пов'язані з подачею сипких продуктів

Сучасне виробництво харчової продукції, а особливо сипких матеріалів, неможливо уявити без використання автоматизованих пакувальних систем.

До сипких продуктів належать крупи, цукор, борошно, кава, сіль, гранульовані хімічні речовини тощо. Для їх зберігання і транспортування важливим є якісний процес дозування та подачі в пакувальні матеріали.

Сучасні системи подачі сипких продуктів використовують різні технологічні підходи, залежно від особливостей матеріалів.

До основних технічних рішень належать: шнекові, гравітаційні, вібраційні, вакуумні і пневматичні механізми. Вони дозволяють забезпечити високу точність дозування, рівномірність розподілу продукту в упаковці та мінімізацію втрат.

Подача сипких продуктів виконується за допомогою систем, які складаються з транспортерів, дозаторів і розподільних механізмів.

Робота таких механізмів залежить від багатьох параметрів, включаючи:

- Розміри часток сипкого продукту.
- Вологість матеріалу.
- Продуктивність пакувального обладнання.
- Висоту і ширину робочого каналу.
- Тип і швидкість транспортування продукту.

Описані механізми можуть включати в себе модулі, які автоматично забезпечують точність заповнення упаковки, мінімізуючи ризик перевантаження або недозаповнення.

Технічний принцип роботи систем подачі сипких продуктів можна уявити на прикладі дозатора.

Дозатор містить механізм подачі (наприклад, шнек або вібраційну платформу) та систему зважування. Продукт поступає до робочої зони через подаючий канал, після чого система контролює кількість матеріалу, що потрапляє у пакувальний контейнер. Після досягнення встановленої маси продукту механізм подачі автоматично зупиняється.

На практиці у пакувальній машині може бути використано кілька дозаторів, що працюють синхронно для забезпечення високої продуктивності. Важливим є точне калібрування системи, щоб забезпечити мінімальні похибки у дозуванні.

Особливості конструкції систем подачі сипких продуктів

- Транспортні механізми: Забезпечують доставку матеріалу до зони пакування (наприклад, стрічкові або пневматичні транспортери).
- Дозатори: Виконують функцію контролю об'єму або маси сипкого продукту.
- Системи управління: Забезпечують контроль параметрів подачі, таких як швидкість, точність та рівномірність.

Технічні рішення та параметри роботи

Ключовим фактором ефективності є налаштування параметрів системи під конкретний продукт. Для цього важливим є врахування особливостей сипких матеріалів: їх плинності, щільності, форми часток. Наприклад, для гранульованих матеріалів ефективними є шнекові подачі, тоді як для порошкоподібних матеріалів – вібраційні системи.

Практичні переваги оптимізації параметрів системи подачі:

- Підвищення точності дозування.
- Зменшення втрат продукту.
- Збільшення продуктивності системи.
- Зниження енерговитрат та простоїв обладнання.

Таким чином, дослідження параметрів технологічного процесу подачі

сипких продуктів дозволяє створювати більш ефективні пакувальні рішення, що відповідають сучасним вимогам якості та продуктивності.

Технічні характеристики ємностей:

Таблиця 1.1

Характеристики: Поліетиленові/Поліпропіленові Пакети

	Параметр	Значення	
1	Місткість	100 г - 50 кг	
2	Матеріал	Поліетилен/Поліпропілен	
3	Основне застосування	Роздрібна упаковка	
4	Переваги	Легкість, Низька вартість	
5	Недоліки	Обмежена довговічність	

Таблиця 1.2

Характеристики: Жорсткі Пластикові Контейнери

	Параметр	Значення	
1	Місткість	500 г - 10 кг	
2	Матеріал	Харчовий пластик	
3	Основне застосування	Побутове використання	
4	Переваги	Багаторазове, Зручність у роботі	
5	Недоліки	Вища вартість	

Характеристики: Картонні Коробки з Вкладишами

	Параметр	Значення	
1	Місткість	1 кг - 25 кг	
2	Матеріал	Картон з алюмінієвими вкладишами	
3	Основне застосування	Проміжне зберігання сипких продуктів	
4	Переваги	Хороші бар'єрні властивості	
5	Недоліки	Чутливість до вологи	

Характеристики: Промислові Контейнери (Бункери)

	Параметр	Значення	
1	Місткість	50 кг - 500 кг	
2	Матеріал	Пластик/Алюміній	
3	Основне застосування	Промислове використання	
4	Переваги	Велика місткість, Надійність	
5	Недоліки	Об'ємність, Непридатність для малого використання	

Характеристики: Металеві Силоси

	Параметр	Значення
1	Місткість	1 тонна - 100 тонн
2	Матеріал	Нержавіюча сталь
3	Основне застосування	Довготривале зберігання та переробка
4	Переваги	Висока міцність, Гігієнічність
5	Недоліки	Висока початкова вартість

Ємності для сипких продуктів

Пакування сипких продуктів найчастіше здійснюється у такі типи ємностей:

1. Мішки та пакети: Використовуються для фасування від невеликих порцій (100–500 г) до промислових обсягів (до 25–50 кг). Виготовляються з поліетилену, поліпропілену або багат шарових ламінованих матеріалів.

2. Контейнери та бункери: Застосовуються для транспортування великих обсягів сипких продуктів, таких як зерно, цукор або сіль. Їх використовують як у виробничих процесах, так і для промислового пакування.

3. Картонні коробки з внутрішніми вставками: Використовуються для сипких продуктів, які потребують високого рівня захисту від вологи (наприклад, чай, кава, сухе молоко).

4. Жорсткі пластикові контейнери: Ідеальні для зручного використання у споживчому секторі, наприклад, для круп чи спецій.

Об'єм ємностей визначається особливостями продукту і вимогами до його пакування. Для споживчих упаковок стандартні об'єми можуть становити від 100 г до 2–3 кг, тоді як промислові ємності розраховані на 25 кг і більше.

Сучасні системи подачі сипких продуктів використовують різні технологічні підходи, залежно від особливостей матеріалів.

До основних технічних рішень належать: шнекові, гравітаційні, вібраційні, вакуумні і пневматичні механізми. Вони дозволяють забезпечити високу точність дозування, рівномірність розподілу продукту в упаковці та мінімізацію втрат.

Подача сипких продуктів виконується за допомогою систем, які складаються з транспортерів, дозаторів, розподільних механізмів та бункерів для зберігання.

Системи подачі також включають накопичувальні ємності, які служать проміжними резервуарами для продукту перед дозуванням. Розміри бункерів і накопичувачів залежать від виробничої продуктивності та специфіки продукту.

Опис конструкції ємностей для сипких продуктів:

1. Форма: Ємності можуть бути круглими, прямокутними або багатокутними, що визначається зручністю транспортування та дозування.
2. Матеріал: Вибирається залежно від продукту – для харчових матеріалів застосовуються нержавіюча сталь, алюміній або харчовий пластик.
3. Місткість: Від декількох літрів до сотень кубічних метрів для промислового використання.
4. Додаткові компоненти: Клапани, вивантажувальні отвори, системи аерації або вібрації для полегшення подачі продукту.

Технічні рішення для роботи з ємностями

Робота з ємностями включає:

- Автоматичне завантаження продукту до бункера через транспортери.
- Системи контролю рівня продукту у бункерах.
- Вібраційні механізми для запобігання "залипанню" матеріалу.
- Вакуумні системи для роботи з дрібнодисперсними порошками.

Практичні переваги оптимізації параметрів ємностей:

- Скорочення часу на завантаження та вивантаження продукту.
- Підвищення точності дозування завдяки рівномірному розподілу матеріалу.
- Забезпечення безперебійної роботи системи подачі навіть при великих обсягах виробництва.

Конструктивні особливості механізмів подачі сипких продуктів у пакувальні ємності

Пакувальні машини для сипких продуктів зазвичай оснащуються різними механізмами для точного дозування і подачі матеріалу в ємність. Основні елементи системи подачі включають транспортуючі канали, дозуючі пристрої та ємності для збору матеріалу.

Механізми транспортування та дозування

Транспортування сипкого продукту до зони пакування виконується через шнекові, вібраційні або пневматичні механізми, які забезпечують рівномірну подачу матеріалу до дозатора. Для цього механізми оснащені направляючими каналами, які забезпечують безперервне переміщення продукту.

1. **Дозуючий пристрій** містить рухомі компоненти, що взаємодіють із продуктом:
2. **Формуючі канали:** Забезпечують рівномірний розподіл сипкого матеріалу в зоні дозування.

Пружинні або пневматичні механізми: Забезпечують контроль тиску продукту та його точне переміщення до пакувальної зони.

У робочій зоні дозатор має формоутворюючу порожнину, в якій здійснюється подача визначеної кількості матеріалу. Завдяки використанню направляючих і пружинних механізмів, подача продукту відбувається з мінімальними втратами.

Принцип роботи системи подачі сипких продуктів

1. Початкове положення: Ємність дозатора перебуває у розведеному стані, а транспортер подає продукт до зони дозування.
2. Заповнення дозатора: При зведенні формуючого каналу продукт починає надходити в ємність для дозування. Направляючі забезпечують рівномірне заповнення, а надлишковий продукт повертається у транспортувальну систему.

3. Завершення дозування: Після досягнення встановленого об'єму або ваги механізм подачі зупиняється, а формуючі поверхні утворюють робочу порожнину, через яку продукт надходить у пакувальну ємність.
4. Вивантаження продукту: Ємність пакувального матеріалу заповнюється, і система дозування повертається у початкове положення для наступного циклу.

Особливості конструкції механізмів

- Направляючі: Забезпечують контроль переміщення продукту у зоні дозування.
- Пружини стиснення: Регулюють тиск сипкого продукту у формуючій порожнині.
- Упори: Обмежують амплітуду руху дозатора для точного заповнення ємності.

Ефективність системи подачі

Запропоновані конструктивні рішення забезпечують ефективне дозування сипких продуктів, оскільки механізми працюють із мінімальним втручанням оператора. Точність дозування досягається завдяки рівномірному розподілу продукту у формуючій порожнині, а автоматизація зведення та розведення компонентів дозатора сприяє безперервній роботі системи.

Таким чином, система подачі сипких продуктів забезпечує:

- Точність дозування: Завдяки злагодженій роботі направляючих і пружин.
- Зменшення втрат продукту: За рахунок мінімізації перевитрат і повернення залишків у систему транспортування.
- Високу продуктивність: Завдяки швидкій зміні циклів заповнення та розвантаження.

Цей підхід дозволяє ефективно автоматизувати процес пакування сипких

матеріалів у ємності різних типів, оптимізуючи їх зберігання та транспортування.

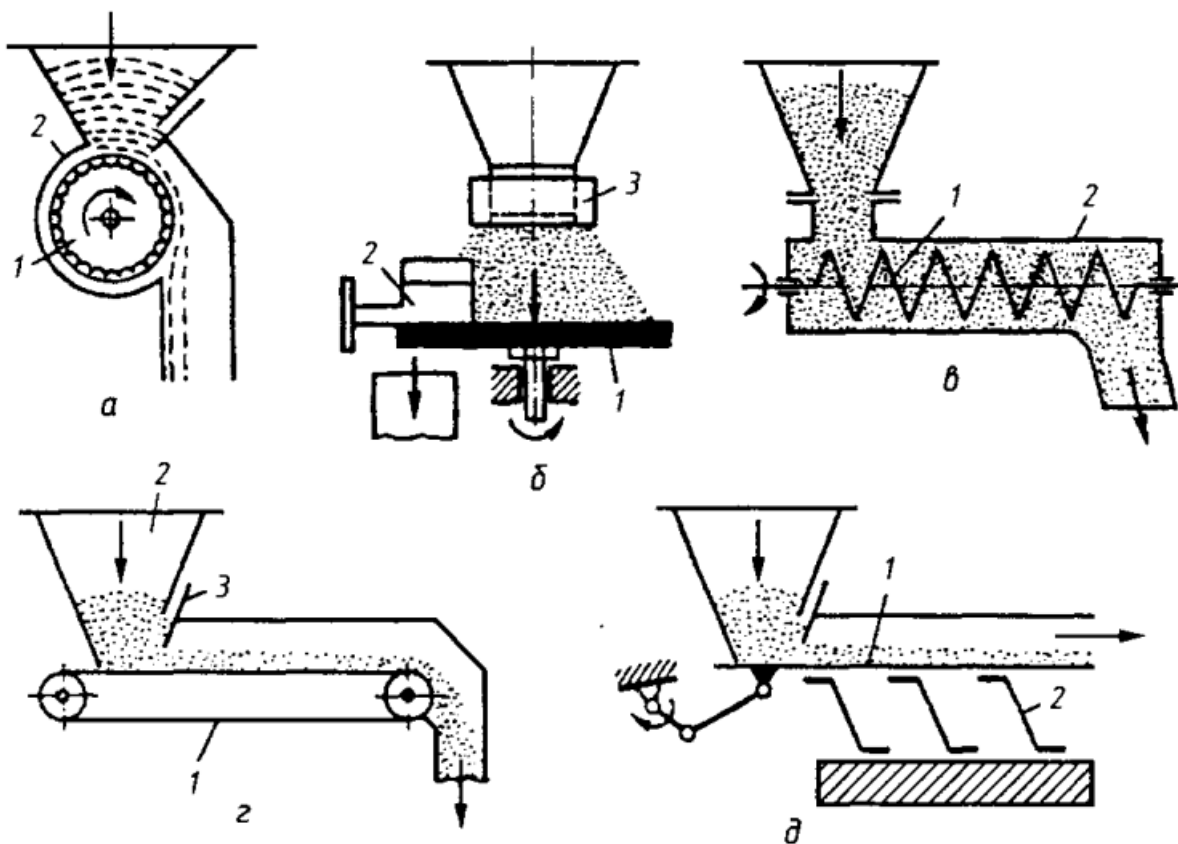


Рис. 1.1. Схеми дозаторів об'ємного типу для сипучих компонентів: а - барабанний; б - тарілчастий; в - шнековий; г - стрічковий; д - вібраційний

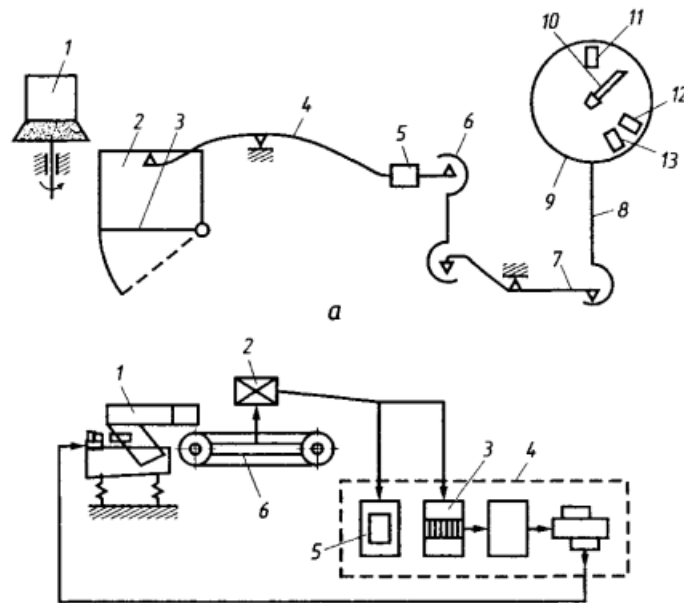


Рис. 1.2. Схема дозаторів вагового типу.

У ньому на призмах малого плеча вантажопідйомного важеля 4 підвішений бункер 2 із дном 3, що відкривається. Більше плече важеля за допомогою тяг 6, 8 і проміжного важеля 7 зв'язане з циферблатним приладом 9, на якому встановлені датчики грубої 12 і точної 13 маси, датчик 11 нульового положення стрілки 10. На великому плечі розташована противага 5.

Температура зберігання і транспортування сипких продуктів

Для сипких продуктів важливим є забезпечення стабільності їхніх фізико-хімічних властивостей під час зберігання і транспортування. Оптимальний температурний режим залежить від типу продукту. Наприклад:

- Сухі крупи, борошно: температура до $+25^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря до 75%.
- Цукор, сіль: можуть зберігатися за температурою до $+30^{\circ}\text{C}$, але в умовах низької вологості (до 60%).

Дотримання цих параметрів дозволяє уникнути утворення конденсату, що може призвести до злипання матеріалів і утруднення їх подачі в пакувальне обладнання.

Рівномірність подачі сипких продуктів

Рівномірна подача продукту є ключовою для забезпечення точного дозування та рівномірного заповнення пакувальних ємностей. Відсутність рівномірності може спричинити:

- Нерівномірний розподіл продукту в упаковці.
- Збої в роботі дозаторів, особливо при роботі з малими порціями.
- Перевитрату або недостатнє дозування матеріалу, що впливає на економічність виробництва.

Для забезпечення рівномірності використовуються вібраційні, шнекові та пневматичні транспортери, які забезпечують контроль швидкості та потоку продукту.

Профіль подачі продукту

Якість подачі сипких продуктів визначається профілем транспортування та дозування, що включає:

Інтенсивність потоку продукту (кг/хв).

Тривалість транспортування до пакувальної зони.

Тип транспортування: вібраційне, шнекове або комбіноване.

Правильний профіль транспортування дозволяє уникнути перевантаження системи і забезпечує стабільну роботу дозаторів.

Режими подачі сипких продуктів

Процес подачі сипких продуктів у пакувальне обладнання базується на різних способах транспортування, що залежать від фізичних характеристик продукту.

Конвекційний режим подачі:

Передача сипкого продукту здійснюється за допомогою руху повітряного потоку. Наприклад, у пневматичних системах подача матеріалу відбувається через створення різниці тиску.

- Переваги: висока швидкість подачі, мінімальні втрати матеріалу.
- Недоліки: складність роботи з важкими або вологими матеріалами.

Механічний (теплопровідний) режим:

Продукт подається через безпосередній контакт із транспортувальним елементом, наприклад, шнеком або стрічкою.

- Переваги: точність і контроль об'єму подачі.
- Недоліки: можливість пошкодження продукту під час транспортування.

Вібраційний режим:

Система використовує коливальні рухи для переміщення продукту. Підходить для дрібнозернистих і крихких матеріалів.

- Переваги: рівномірний розподіл продукту, мінімальне утворення пилу.
- Недоліки: чутливість до налаштувань інтенсивності.

Динаміка процесу подачі сипких продуктів

Процес подачі сипких матеріалів має випадкові коливання, пов'язані з:

- Вологістю матеріалу.
- Нерівномірністю потоку в системах транспортування.
- Зміною властивостей продукту під час роботи.

Оптимізація цих процесів дозволяє досягти високої продуктивності і стабільної роботи пакувального обладнання навіть при великих обсягах

виробництва.

1.2. Загальні принципи транспортування і дозування сипких продуктів

Транспортування і дозування сипких продуктів є важливими етапами у виробничому процесі, які безпосередньо впливають на якість продукції, ефективність обладнання та мінімізацію втрат. Нижче наведені основні принципи, що забезпечують успішну роботу систем транспортування і дозування сипких матеріалів.

1. Розуміння фізичних характеристик сипких продуктів

Перед проєктуванням і налаштуванням системи транспортування необхідно врахувати фізичні властивості матеріалу:

- Розмір часток: визначає тип транспортерів (для великих гранул — шнекові, для дрібнозернистих — пневматичні або вібраційні).
- Плинність: впливає на вибір кутів нахилу транспортерів і типу дозуючого обладнання.
- Вологість: надмірна вологість може викликати злипання матеріалу та ускладнити транспортування.
- Насипна щільність: визначає обсяг продукту, що може бути транспортований або дозований за одиницю часу.

2. Вибір типу системи транспортування

Існує кілька типів систем транспортування сипких продуктів, кожен з яких має свої особливості:

2.1. Шнекові транспортери

Принцип роботи: подача матеріалу здійснюється за допомогою обертання спіралі (шнека).

Переваги: точний контроль подачі, можливість роботи з різними типами продуктів.

Недоліки: підходить лише для коротких відстаней і може пошкоджувати крихкі матеріали.

2.2. Пневматичні транспортери

- Принцип роботи: продукт переміщається у потоці повітря, створеного за допомогою різниці тиску.
- Переваги: висока швидкість, можливість транспортування на великі відстані.
- Недоліки: потребує значної енерговитратності та системи для відокремлення матеріалу від повітря.

2.3. Вібраційні транспортери

- Принцип роботи: матеріал переміщається за рахунок коливальних рухів робочої поверхні.
- Переваги: підходить для дрібнодисперсних і крихких продуктів, забезпечує рівномірний потік.
- Недоліки: низька швидкість і чутливість до налаштувань.

2.4. Стрічкові транспортери

- Принцип роботи: матеріал переміщається по рухомій стрічці.
- Переваги: ефективний для великих обсягів, можливість транспортування на відстані.
- Недоліки: обмеження по нахилу.

3. Основні принципи дозування сипких продуктів

Дозування визначає кількість продукту, яка потрапляє в упаковку або зону подальшої обробки. Основні принципи дозування включають:

3.1. Види дозаторів

- Вага (гравітаційні): продукт відмірюється за масою. Забезпечує високу точність.
- Об'ємні: матеріал дозується за об'ємом. Ефективний для продуктів із

постійною щільністю.

- Комбіновані: використовуються обидва методи для підвищення точності та продуктивності.

3.2. Точність дозування

Точність дозування залежить від:

- Конструкції дозатора (шнековий, вібраційний, гравітаційний).
- Рівномірності подачі продукту в зону дозування.
- Налаштування механізмів (час відкриття клапанів, швидкість транспортування).

3.3. Швидкість дозування

Швидкість дозування повинна бути узгоджена з продуктивністю пакувальної машини. Занадто висока швидкість може призвести до перевантаження системи або неточностей, тоді як низька знижує продуктивність.

4. Стабільність і рівномірність потоку продукту

Для забезпечення якісного транспортування і дозування необхідно:

Використовувати системи аерації для запобігання утворенню "містків" у бункерах.

Контролювати рівень матеріалу у бункерах і накопичувачах.

Встановлювати вібраційні механізми для уникнення "залипання" матеріалу.

5. Енергозбереження і автоматизація

Автоматизація: сучасні системи оснащуються датчиками рівня матеріалу, системами зворотного зв'язку та автоматичним калібруванням дозаторів.

Енергоефективність: правильний вибір транспортувальних систем і оптимізація процесів дозволяють знизити енерговитрати.

Розуміння фізичних характеристик сипких продуктів

Для оцінки важливих характеристик сипкого матеріалу можна використовувати такі формули:

Об'ємний потік матеріалу:

$$Q_v = A \cdot v$$

де:

Q_v — об'ємний потік (м³/с),

A — площа поперечного перерізу транспортувального каналу (м²),

v — швидкість потоку матеріалу (м/с).

- **Насипна маса матеріалу:**

$$\gamma = \frac{m}{V}$$

де:

γ — насипна маса (кг/м³),

m — маса продукту (кг),

V — об'єм матеріалу (м³).

Транспортування сипких продуктів

Шнековий транспортер

Швидкість подачі матеріалу шнековим транспортером розраховується за формулою:

$$Q_m = \rho \cdot n \cdot D^2 \cdot p \cdot \sin \theta$$

де:

Q_m — масовий потік матеріалу (кг/с),

ρ — щільність сипкого продукту (кг/м³),

n — частота обертання шнека (об/с),

D — діаметр шнека (м),

p — крок витка шнека (м),

θ — кут нахилу шнека до горизонталі (градуси).

Дозування сипких продуктів

Гравітаційне дозування

Для визначення маси продукту, що подається гравітаційним методом:

$$m = \rho \cdot g \cdot h \cdot t$$

де:

m — маса продукту (кг),

ρ — щільність продукту (кг/м³),

g — прискорення вільного падіння (9,81 м/с²),

h — висота падіння продукту (м),

t — час відкриття дозуючого клапана (с).

Шнекове дозування

Масовий потік матеріалу при шнековому дозуванні:

$$Q_m = \rho \cdot n \cdot p \cdot A_{\text{шн}}$$

де:

$A_{\text{шн}}$ — ефективна площа поперечного перерізу шнека (м²).

1.3. Типи обладнання для подачі сипких продуктів

Технічні проблеми

1.1. Залипання матеріалу

Опис: Сипкі продукти з підвищеною вологістю або дрібною фракцією можуть злипатися та утворювати "містки" у бункерах або транспортерах.

Можливі рішення:

Використання вібраційних систем у бункерах.

Встановлення аераторів для розпушування продукту.

Регулярне очищення внутрішніх поверхонь обладнання.

1.2. Нерівномірність подачі

Опис: Нестабільний потік продукту через неправильне налаштування транспортерів або дозаторів.

Можливі рішення:

Використання датчиків рівня продукту в накопичувачах.

Налаштування швидкості транспортерів залежно від характеристик продукту.

Додавання регульовальних клапанів для стабілізації потоку.

1.3. Зношення обладнання

Опис: Інтенсивна експлуатація може призводити до зношення шнеків, стрічок, підшипників тощо.

Можливі рішення:

Регулярне технічне обслуговування та заміна зношених частин.

Використання високоякісних матеріалів для транспортерів і дозаторів.

1.4. Перевантаження системи

Опис: Надлишкове завантаження бункера або транспортера призводить до їхньої зупинки.

Можливі рішення:

Встановлення датчиків ваги та обмежувачів завантаження.

Оптимізація графіка завантаження продукту.

2. Фізико-хімічні проблеми

2.1. Пиловиділення

Опис: Транспортування дрібнодисперсних продуктів (борошно, цемент) супроводжується утворенням пилу, що забруднює виробниче середовище.

Можливі рішення:

Використання герметичних транспортних систем.

Встановлення систем аспірації (фільтри, циклонні сепаратори).

2.2. Вологість продукту

Опис: Висока вологість продукту може спричиняти злипання матеріалу, що ускладнює транспортування і дозування.

Можливі рішення:

Контроль вологості продукту перед транспортуванням (наприклад, сушіння).

Використання транспортерів із антипригарними покриттями.

2.3. Деградація продукту

Опис: Крихкі матеріали (наприклад, гранули, зерно) можуть пошкоджуватися під час транспортування.

Можливі рішення:

Використання м'яких транспортерів або мінімізація падінь продукту.

Налаштування швидкості транспортування для зменшення ударів.

3. Організаційні проблеми

3.1. Неправильне калібрування дозаторів

Опис: Неправильні налаштування обладнання призводять до неточностей у дозуванні (перевищення або нестача продукту).

Можливі рішення:

Проведення регулярного калібрування дозаторів.

Використання автоматичних систем контролю маси продукту.

3.2. Нестача персоналу

Опис: Відсутність кваліфікованого персоналу для обслуговування систем транспортування.

Можливі рішення:

Навчання персоналу.

Автоматизація процесів для зменшення потреби в ручному втручанні.

3.3. Перебої у постачанні продукту

Опис: Нерегулярне постачання сировини може зупинити роботу системи.

Можливі рішення:

Планування постачання з урахуванням запасів.

Використання накопичувальних бункерів для тимчасового зберігання продукту.

4. Загальні рекомендації для усунення проблем

- Оптимізація конструкції транспортних і дозуючих систем залежно від характеристик продукту.
- Встановлення датчиків контролю рівня, маси і швидкості продукту для забезпечення стабільності процесу.
- Використання спеціалізованих програмних рішень для моделювання і оптимізації процесів.
- Регулярний аудит технічного стану обладнання і дотримання графіка технічного обслуговування.
- Під час транспортування та дозування сипких продуктів можуть виникати різноманітні дефекти, які впливають на якість продукції та ефективність виробничих процесів. Нижче наведено основні дефекти та їхні можливі прояви:

Залипання матеріалу в бункерах та транспортерах: Сипкі продукти з підвищеною вологістю або дрібною фракцією можуть злипатися, утворюючи "містки" або налипання на стінках обладнання. Це призводить до нерівномірної подачі матеріалу або навіть до повного блокування

поток.

Нерівномірна подача продукту: Нестабільний потік сипкого матеріалу може спричинити коливання в дозуванні, що впливає на точність фасування та якість кінцевого продукту.

Пиловиділення під час транспортування: Дрібнодисперсні сипкі продукти можуть утворювати пил, який забруднює виробниче середовище, погіршує умови праці та може призвести до втрат продукту.

Пошкодження крихких продуктів: Крихкі сипкі матеріали, такі як гранули або зерно, можуть пошкоджуватися під час транспортування через механічні впливи, що призводить до зниження якості продукції.

Зношення обладнання: Інтенсивна експлуатація транспортних і дозуючих систем може призводити до зношення їхніх компонентів, що знижує ефективність роботи та може спричинити збої в процесі.

Перевантаження системи: Надмірне завантаження бункерів або транспортерів може призвести до їхньої зупинки або пошкодження, що впливає на безперервність виробничого процесу.

Дана модель втілює задачу вдосконалення механізму транспортування і дозування сипких продуктів шляхом заміни складних компонентів на пристрої простішої конструкції, які зберігають або підвищують ефективність роботи системи.

У підсумку, для транспортування і дозування сипких продуктів можна використовувати різні типи механізмів залежно від специфіки продукту та виробничих умов:

- 1. Шнекові транспортери.** Забезпечують точне дозування і стабільний потік матеріалу. Вони є оптимальними для продуктів середньої та високої плинності. Шнекові транспортери можуть бути виготовлені з різних матеріалів, включаючи харчову нержавіючу сталь, що дозволяє використовувати їх у харчовій промисловості.
- 2. Вібраційні транспортери.** Підходять для делікатних продуктів

або дрібнодисперсних матеріалів, оскільки забезпечують рівномірний потік і мінімізують пошкодження продукту. Їх конструкція дозволяє ефективно працювати навіть з крихкими сипкими матеріалами.

- 3. Пневматичні транспортери.** Використовують потоки повітря для транспортування матеріалів на великі відстані. Вони забезпечують високу швидкість подачі, проте потребують значних енерговитрат. Пневматичні транспортери ефективні для порошкоподібних або дрібнозернистих продуктів.
- 4. Гравітаційні системи дозування.** Забезпечують точне дозування шляхом регулювання часу відкриття клапанів. Це простий і надійний метод, що мінімізує витрати енергії, але вимагає продуктів із високою плинністю.
- 5. Комбіновані системи.** Поєднують різні типи транспортерів і дозаторів для забезпечення максимальної гнучкості та ефективності у виробничому процесі.

Вибір типу транспортування і дозування залежить від вимог до продуктивності, властивостей продукту (розміру часток, щільності, вологості) та бажаної точності дозування. Вдосконалення системи передбачає:

Зменшення складності конструкції для полегшення обслуговування.

Підвищення точності дозування через інтеграцію сучасних автоматичних систем.

Оптимізацію енерговитрат шляхом вибору ефективного типу механізму для кожного етапу виробництва.

У результаті реалізації цієї моделі можна досягти підвищення продуктивності виробничої лінії, скорочення втрат матеріалу та забезпечення високої якості кінцевого продукту..

1.4. Особливості роботи пакувального обладнання для сипких продуктів

Устаткування для транспортування та дозування сипких продуктів включає різні механізми, які забезпечують ефективний, точний та рівномірний потік матеріалів у процесі упаковки. Для оптимізації транспортування і дозування використовуються системи, оснащені накопичувальними бункерами, дозаторами, транспортувальними механізмами та системами контролю. Це обладнання дозволяє досягти високої точності дозування, рівномірного розподілу продукту та мінімізації втрат.

Основні компоненти системи транспортування та дозування:

Транспортери:

- Шнекові транспортери для контролю об'єму подачі.
- Вібраційні транспортери для рівномірного потоку дрібнозернистих матеріалів.
- Пневматичні системи для транспортування продукту на великі відстані.

Дозатори:

- Об'ємні дозатори для роботи з матеріалами сталої щільності.
- Гравітаційні дозатори для сипких продуктів з високою плинністю.
- Комбіновані дозатори, які поєднують вагове та об'ємне дозування.

Системи контролю:

- Системи вагового контролю для забезпечення точності дозування.
- Датчики рівня продукту в накопичувачах для уникнення перебоїв у роботі.
- Системи автоматизації для синхронізації роботи транспортерів і дозаторів.

Системи збору даних:

- Датчики продуктивності для моніторингу швидкості потоку.
- Реєстратори даних для аналізу ефективності системи та вдосконалення її роботи.

Типи устаткування для транспортування та дозування сипких продуктів:

Шнековий транспортер

- Використовується для транспортування сипких матеріалів на короткі відстані.
- Забезпечує точний контроль потоку продукту завдяки регульованій швидкості обертання.

Вібраційний транспортер

- Ефективний для транспортування дрібнодисперсних і делікатних продуктів.
- Знижує ризик пошкодження матеріалу під час транспортування.

Пневматичний транспортер

- Використовується для транспортування порошкоподібних продуктів.
- Забезпечує високошвидкісну подачу матеріалу.

Гравітаційний дозатор

- Простий у використанні для сипких матеріалів, що легко пересуваються під дією власної ваги.
- Не потребує додаткових енерговитрат.

Комбінована система транспортування

- Поєднує кілька типів транспортерів для оптимізації процесу подачі.
- Забезпечує універсальність у роботі з різними продуктами.

Експериментальна установка для транспортування і дозування сипких продуктів складається з наступних елементів:

Транспортер:

- Шнековий транспортер забезпечує рівномірну подачу продукту до зони дозування.

Накопичувальний бункер:

- Забезпечує тимчасове зберігання продукту та стабільний потік до дозатора.

Дозатор:

- Ваговий або об'ємний дозатор точно відміряє необхідну кількість продукту.

Система контролю:

- Включає датчики ваги, рівня та швидкості потоку.
- Контролери автоматично регулюють параметри подачі відповідно до заданих характеристик.

Система збору даних:

- Реєструє інформацію про продуктивність і точність дозування для аналізу та вдосконалення процесу.

На прикладі пакувального обладнання для сипких продуктів:

- Електродвигун: забезпечує привід для всіх механізмів системи.
- Трансмісія: передає рух від двигуна до транспортерів і дозаторів.
- Система транспортування: переміщує продукт із накопичувача до зони дозування.
- Система дозування: точно відміряє потрібну кількість продукту.
- Система контролю: забезпечує стабільність параметрів роботи.

Правильний вибір і налаштування обладнання забезпечують ефективну роботу системи транспортування і дозування сипких продуктів, мінімізують втрати та підвищують якість кінцевого продукту.



Рис. 1.4.1. Шнековий транспортер для контролю об'єму подачі.



Рис. 1.4.2. Об'ємний дозатор для роботи з матеріалами сталої щільності.



Рис. 1.4.3. Система вагового контролю для забезпечення точності дозування.

Процес транспортування і дозування сипких продуктів у пакувальній машині відбувається наступним чином:

1. Сипкий продукт подається у накопичувальний бункер за допомогою транспортерів.
2. Продукт поступає до зони дозування через транспортувальні механізми (шнекові, вібраційні або пневматичні транспортери).
3. Продукт дозується в заданій кількості за допомогою дозаторів (гравітаційних, об'ємних або вагових).
4. Віддозований продукт переміщується у пакувальну ємність через спеціальні клапани або транспортувальні канали.
5. Упаковка запечатується і направляється на подальші етапи обробки.

Процес транспортування і дозування є ключовим етапом, оскільки він впливає на точність, рівномірність і якість кінцевої упаковки продукту.

Ключові фактори, які впливають на процес транспортування і дозування сипких продуктів

До основних параметрів, що визначають ефективність транспортування і дозування, належать:

- Продуктивність транспортувальних механізмів (швидкість подачі матеріалу).
- Точність дозування (відхилення від заданої маси чи об'єму).
- Рівномірність потоку продукту.
- Фізико-хімічні властивості продукту (вологість, щільність, плинність).

Розглянемо кожен із цих параметрів:

Продуктивність транспортувальних механізмів:

Швидкість подачі продукту визначає, наскільки ефективно матеріал транспортується до зони дозування. Надмірно висока швидкість може призводити до перевантаження, тоді як низька — до зниження продуктивності:

$$Q = v \cdot A$$

де:

Q — продуктивність (м³/с),

v — швидкість транспортування (м/с),

A — площа поперечного перерізу каналу (м²).

Точність дозування:

Забезпечується правильним калібруванням дозаторів. Вагові дозатори забезпечують високу точність завдяки постійному контролю маси.

$$\Delta m = m_{\text{вим}} - m_{\text{зад}}$$

де:

Δm — відхилення маси,

$m_{\text{вим}}$ — фактична маса,

$m_{\text{зад}}$ — задана маса.

Рівномірність потоку продукту:

Рівномірний потік забезпечує стабільну роботу дозаторів і транспортерів. Для оцінки рівномірності застосовується коефіцієнт варіації:

$$C_v = \frac{\sigma}{\mu} \cdot 100\%$$

де:

σ — стандартне відхилення швидкості потоку,

μ — середнє значення швидкості потоку.

Фізико-хімічні властивості продукту:

Вологість і плинність продукту можуть впливати на його транспортування. Наприклад, надмірна вологість спричиняє злипання продукту і зниження плинності, що ускладнює його подачу та дозування.

Управління ключовими параметрами транспортування і дозування

Для забезпечення ефективного транспортування і дозування важливо контролювати такі параметри:

- Швидкість транспортування: Налаштування швидкості транспортерів відповідно до фізичних властивостей продукту.
- Точність дозування: Використання автоматичних систем контролю ваги та рівня продукту.
- Рівномірність потоку: Використання вібраційних або пневматичних систем для запобігання утворенню "містків" у бункерах.
- Вологість продукту: Забезпечення попереднього сушіння або використання обладнання з антипригарними поверхнями.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Вибір обладнання та матеріалів для експериментів

Вибір обладнання та матеріалів для дослідження процесу транспортування і дозування сипких продуктів

Вибір обладнання та матеріалів для дослідження процесу транспортування і дозування сипких продуктів залежить від конкретної мети дослідження. Наприклад, якщо мета дослідження полягає у визначенні рівномірності потоку сипкого продукту, можуть бути використані прості інструменти, такі як датчики потоку. Якщо дослідження спрямоване на виявлення впливу різних параметрів транспортування на якість дозування, знадобиться більш складне обладнання, наприклад, вагові дозатори або системи збору даних.

Вибір також залежить від доступних ресурсів. Більш складне обладнання зазвичай потребує значних інвестицій та спеціальної кваліфікації для роботи з ним.

Приклад вибору обладнання та матеріалів для дослідження процесу транспортування і дозування сипких продуктів

Мета дослідження: визначення впливу швидкості транспортування на рівномірність дозування сипких продуктів.

Для досягнення цієї мети можна використовувати наступне обладнання та матеріали:

- Транспортер (вібраційний або шнековий): для забезпечення постійного потоку сипкого продукту.
- Дозатор: ваговий або об'ємний, для визначення точності та рівномірності дозування.

- Датчики потоку: для моніторингу швидкості транспортування продукту.
- Система збору даних: для аналізу отриманих результатів.
- Сипкий матеріал: стандартного розміру та фізико-хімічних характеристик (наприклад, гранульований цукор, борошно або сіль).

Характеристики вибраного обладнання:

1. Транспортер:
 - Рівномірний потік продукту за різних швидкостей транспортування.
 - Простота налаштування швидкості та кута нахилу.
2. Дозатор:
 - Висока точність вимірювань.
 - Можливість роботи з продуктами різної щільності.
3. Датчики потоку:
 - Миттєвий збір даних про швидкість і об'єм продукту.
 - Сумісність із системою збору даних.
4. Система збору даних:
 - Реєстрація показників транспортування та дозування для подальшого аналізу.
 - Можливість побудови графіків залежностей (швидкість, точність, рівномірність).
5. Сипкий матеріал:
 - Однорідна фракція для забезпечення повторюваності експериментів.
 - Відома щільність і вологість для зменшення впливу зовнішніх факторів.

Використання цього обладнання дозволяє:

- Провести експериментальні дослідження процесу транспортування і дозування сипких продуктів.
- Визначити оптимальні параметри роботи транспортерів і дозаторів.
- Забезпечити високу якість і точність упаковки сипких продуктів.

Цей підхід забезпечує надійні результати і дозволяє оптимізувати процеси транспортування і дозування для різних типів сипких продуктів.



Рис. 2.1. Вібраційний транспортер (Vibratory Conveyor).

GEA Scan-Vibro Conveyor є ефективним рішенням для транспортування дрібнодисперсних і крихких сипких продуктів, таких як борошно, цукор або гранули. Транспортер виготовлений із харчової нержавіючої сталі, що забезпечує високий рівень гігієни та довговічності. Його конструкція дозволяє регулювати швидкість вібрації, забезпечуючи рівномірний потік продукту без залипання. Завдяки своїй гнучкості, обладнання можна використовувати для продуктів із низькою плинністю, при цьому мінімізуючи пошкодження матеріалу. Простота в обслуговуванні та очищенні робить цей транспортер

особливо зручним для харчової промисловості. За потреби він може бути оснащений датчиками рівня і швидкості потоку, що дозволяє інтегрувати його в автоматизовані системи управління. Це обладнання є оптимальним вибором для забезпечення точного і стабільного транспортування сипких продуктів.



Рис. 2.2. Шнековий дозатор (Screw Feeder).

Schenck Process ProFlex C є надійним інструментом для точного дозування сипких продуктів, таких як гранульований цукор або зернові культури. Дозатор виготовлений із нержавіючої сталі або харчового пластику, що забезпечує відповідність високим стандартам якості та безпеки. Продуктивність дозатора варіюється від 2 до 500 кг/год, що дозволяє ефективно обслуговувати як маломасштабні, так і великі виробничі лінії. Завдяки високій точності дозування ($\pm 0,5\%$), ProFlex C дозволяє мінімізувати перевитрати продукту, забезпечуючи

економічність процесу. Обладнання має можливість регулювання швидкості подачі, що робить його універсальним для роботи з різними типами матеріалів. Крім того, дозатор може бути оснащений системою очищення, що дозволяє швидко переходити на роботу з іншими продуктами, забезпечуючи високу гнучкість у виробничому процесі.



Рис. 2.3. Ваговий дозатор (Weighing Feeder).

Siemens SITRANS WW200 є сучасним рішенням для високоточного дозування сипких продуктів за вагою, таких як борошно, порошкоподібні матеріали або сипкі харчові добавки. Дозатор забезпечує продуктивність до 1 000 кг/год і має точність вимірювань $\pm 0,25\%$, що дозволяє використовувати його в критичних процесах, де важлива кожна грама. Інтегрована система вагового контролю автоматично калібрує обладнання, забезпечуючи стабільність і точність навіть у довготривалих циклах роботи. Завдяки можливості збирання даних і інтеграції з системами SCADA, дозатор дозволяє операторам у реальному часі відстежувати і налаштовувати параметри процесу. Siemens SITRANS WW200 є оптимальним вибором для підприємств,

які прагнуть підвищити точність і ефективність своїх виробничих ліній. Його надійність і універсальність роблять його незамінним для роботи з різними типами сипких матеріалів у харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловості.

2.2. Визначення параметрів дослідження

У цьому розділі розглядаються методи дослідження, які можуть бути використані для вивчення процесу транспортування і дозування сипких продуктів. Обрані методи дозволяють отримати інформацію про ключові аспекти процесу, яка може бути використана для його оптимізації та підвищення ефективності.

Метод моделювання потоків сипких продуктів Для моделювання поведінки сипких продуктів у транспортерах і дозаторах використовуються сучасні математичні методи та програмне забезпечення. Зокрема, застосовуються моделі, що базуються на рівняннях руху двофазного потоку. Такі методи дозволяють аналізувати потоки матеріалу, зокрема взаємодію сипких часток із транспортуючими елементами.

Однією з важливих задач моделювання є визначення оптимальних параметрів потоку для забезпечення рівномірного розподілу продукту. Методи моделювання дозволяють розрахувати швидкість транспортування, рівень завантаження транспортера, а також вплив різних фізичних факторів, таких як вологість та плинність продукту.

Математична модель дозволяє оцінити вплив різних параметрів, таких як швидкість транспортування, об'єм потоку та точність дозування, на ефективність процесу.

Експериментальні дослідження Експериментальні дослідження проводяться на реальних установках для транспортування і дозування сипких продуктів. У ході експериментів вивчаються такі фактори. Для цього використовуються спеціалізоване обладнання, включаючи транспортери,

дозатори, датчики та системи збору даних.

Ці вимірювання дозволяють оцінити стабільність і ефективність процесу, а також виявити можливі вузькі місця в роботі обладнання. Аналіз потоку продукту Використовується для визначення рівномірності подачі матеріалу та виявлення нерівностей або залипання в транспортуючих каналах. Статистичний аналіз Зібрані експериментальні дані обробляються за допомогою статистичних методів. Оцінюються такі показники, як середня швидкість транспортування, стандартне відхилення точності дозування, а також кореляція між фізичними властивостями матеріалу та параметрами процесу.

2.3. Проведення експериментальних досліджень

Проведення експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження процесу транспортування і дозування сипких продуктів були проведені для аналізу впливу ключових параметрів на точність дозування, рівномірність потоку і продуктивність системи. У рамках досліджень було протестовано декілька типів транспортерів (шнекових, вібраційних і пневматичних) та дозаторів (вагових і об'ємних).

Основні параметри, які вимірювалися:

6. Швидкість транспортування продукту (м/с).
7. Точність дозування (відхилення від заданої маси, %).
8. Рівномірність потоку продукту (коефіцієнт варіації, %).

Етапи проведення експерименту

- Підготовка установки: Система транспортування і дозування була налаштована для роботи з гранульованим продуктом із середньою плинністю (наприклад, цукром). Встановлено контрольні точки для збору даних на вході до транспортера, в зоні дозування та на виході.

- Вимірювання параметрів: Проводилися вимірювання швидкості транспортування за допомогою датчиків потоку, точності дозування за допомогою вагових датчиків і рівномірності потоку шляхом фіксації часу подачі рівних порцій продукту.
- Обробка даних: Зібрані дані оброблялися статистичними методами для визначення впливу параметрів роботи системи на якість процесу.

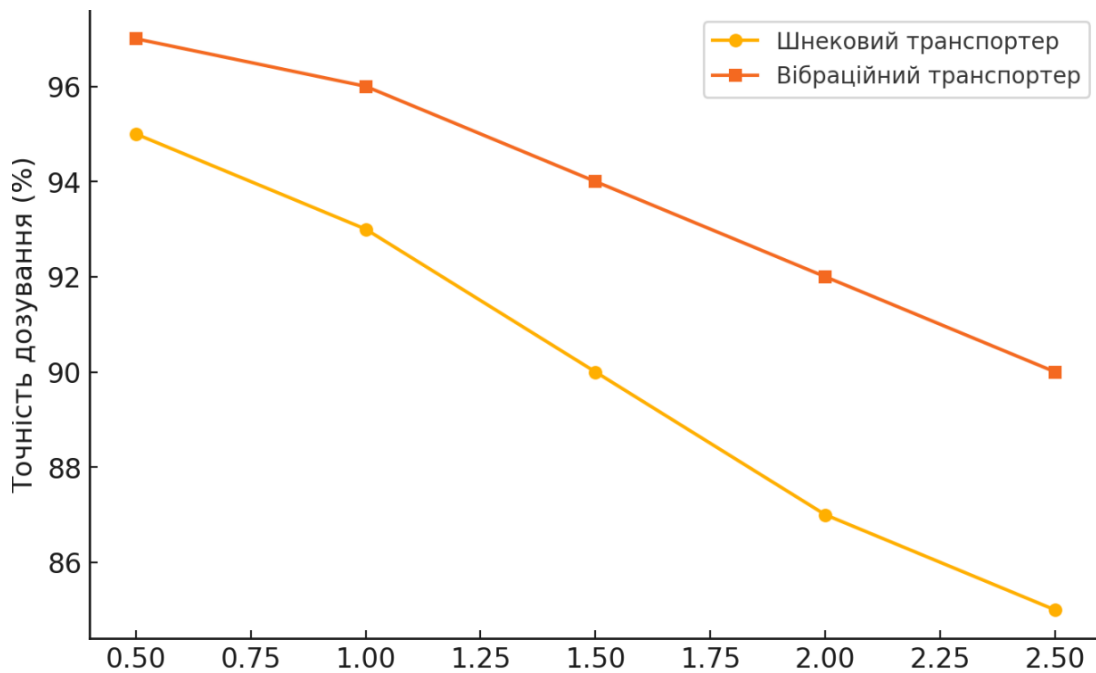


Рис. 2.3.1 Графік залежності точності дозування від швидкості транспортування.

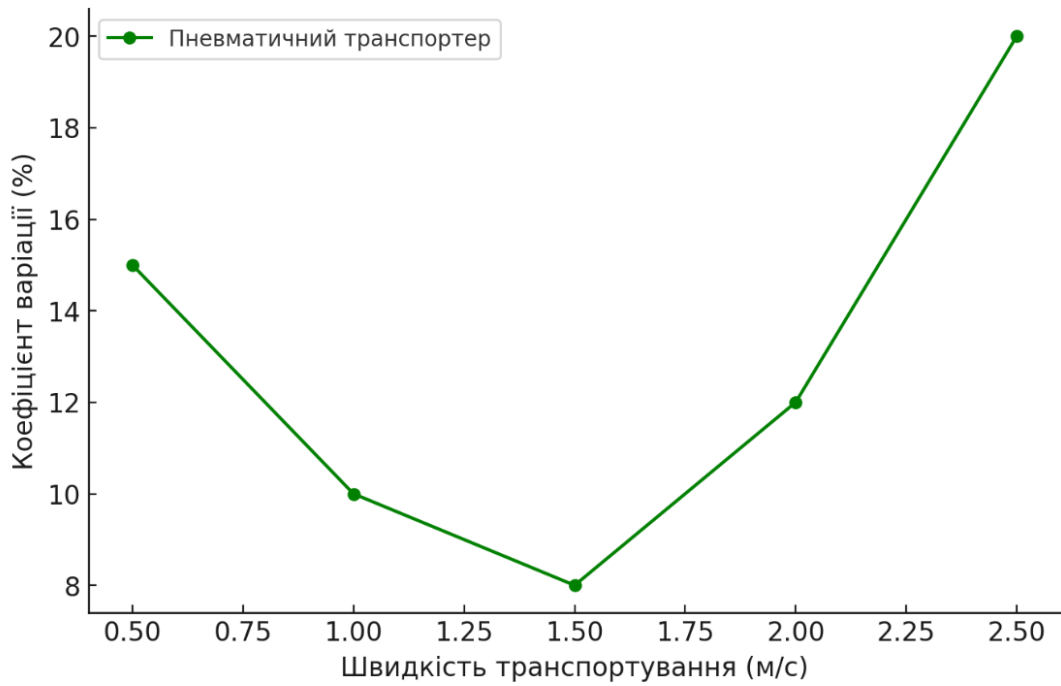


Рис. 2.3.2 Графік. рівномірності потоку продукту залежно від швидкості транспортування.

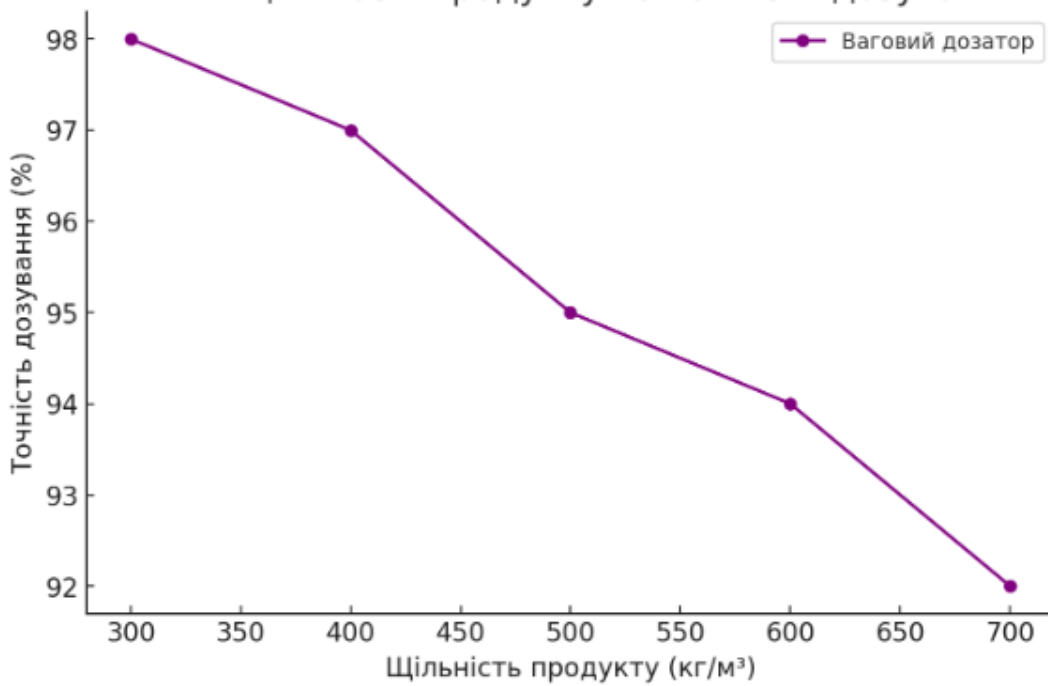


Рис. 2.3.3. Графік впливу щільності продукту на точність дозування.

2.4. Обробка та аналіз отриманих даних

Обробка експериментальних даних

Експериментальні дані, отримані в рамках дослідження процесу транспортування і дозування сипких продуктів в пакувальне обладнання, обробляються за допомогою методів статистичного аналізу. Метою обробки є оцінка впливу ключових параметрів процесу на точність дозування, рівномірність потоку і загальну продуктивність системи.

Методи обробки експериментальних даних

Описова статистика

Цей метод дозволяє узагальнити основні характеристики експериментальних даних, зокрема:

Середнє значення параметрів, таких як швидкість транспортування чи точність дозування.

Стандартне відхилення, що показує рівень варіації в даних.

Мінімальні та максимальні значення для виявлення можливих крайніх точок.

Аналіз тенденцій

Цей метод допомагає виявити зміни в даних у залежності від певних умов.

Графічний аналіз: побудова графіків експериментальних даних для візуального виявлення тенденцій, наприклад, зміна точності дозування із зростанням швидкості транспортування.

Аналіз трендів: визначення математичного рівняння, яке описує тенденцію в даних. Наприклад, залежність точності дозування від швидкості транспортування може бути описана лінійним рівнянням:

Аналіз взаємозв'язків

Цей метод використовується для оцінки взаємозв'язків між різними параметрами процесу, такими як швидкість транспортування, щільність продукту і точність дозування.

Кореляційний аналіз: оцінка сили та напрямку взаємозв'язку між двома змінними, наприклад, щільністю продукту і точністю дозування.

Кореляційний коефіцієнт визначається як:

Регресійний аналіз: побудова математичної моделі, яка описує взаємозв'язок між змінними.

Результати обробки експериментальних даних

На основі обробки експериментальних даних можна зробити наступні висновки:

Вплив швидкості транспортування: зі збільшенням швидкості точність дозування знижується для шнекового транспортера, але залишається стабільною для вібраційного.

Рівномірність потоку: пневматичний транспортер забезпечує кращу рівномірність потоку за умов низької швидкості.

Вплив фізичних властивостей продукту: щільність і вологість продукту значно впливають на точність дозування та рівномірність потоку.

Обмеження та рекомендації

Висновки, зроблені на основі експериментальних даних, є ймовірними і залежать від умов проведення дослідження.

Для підвищення достовірності результатів рекомендується проводити повторні експерименти із залученням різних типів матеріалів і обладнання.

Використання автоматизованих систем збору та аналізу даних може підвищити точність і ефективність обробки експериментальних результатів.

Ці методи дозволяють провести глибокий аналіз параметрів транспортування і дозування сипких продуктів, що є основою для подальшої оптимізації процесу.

Розділ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДАЧІ СИПКИХ ПРОДУКТІВ

3.1. Опис експериментальної установки

1. Опис експериментальної установки

Для проведення експериментального дослідження процесу транспортування та дозування сипких продуктів в упаковку було розроблено та зібрано експериментальну установку, яка дозволяє моделювати різні режими роботи системи. Установка забезпечує контроль параметрів транспортування та дозування, що дає змогу оцінити вплив ключових факторів на точність, рівномірність і продуктивність.

Склад експериментальної установки

2. Система транспортування

Використовується для подачі сипкого продукту до дозуючої зони. Установка оснащена декількома типами транспортерів для аналізу їхньої ефективності:

- Шнековий транспортер: забезпечує подачу продукту з контрольованою швидкістю за допомогою обертання спірального елемента.
- Вібраційний транспортер: забезпечує рівномірний потік продукту шляхом застосування вібраційної платформи.
- Пневматичний транспортер: транспортує продукт за допомогою потоку повітря.

3. Дозуюча система

Для точного вимірювання кількості продукту використовується:

- Ваговий дозатор: оснащений ваговим датчиком високої точності, що дозволяє оцінювати масу продукту до і після дозування.
- Об'ємний дозатор: працює за принципом заповнення ємності фіксованого об'єму.

4. Накопичувальний бункер

Служить для тимчасового зберігання продукту перед його подачею в транспортер. Оснащений системою аерації та вібрації для запобігання утворенню "містків" або залипання сипкого продукту.

5. Система збору даних

Установка оснащена датчиками та контролерами для моніторингу та запису ключових параметрів:

- Швидкість транспортування продукту (м/с).
- Об'єм або маса дозованого продукту (кг або л).
- Коефіцієнт варіації рівномірності потоку (%).
- Фізичні властивості продукту (вологість, щільність).

6. Пакувальний модуль

Дозований продукт автоматично подається в пакувальну ємність, після чого упаковка запечатується. Використовується для оцінки точності заповнення пакетів або контейнерів.

Функціональні можливості установки

Контроль параметрів транспортування:

Можливість змінювати швидкість обертання шнека, частоту вібрації або потужність повітряного потоку в пневматичній системі.

Аналіз точності дозування:

Дозатори дозволяють вимірювати різницю між заданою та фактичною масою продукту, що потрапив у упаковку.

Моделювання різних матеріалів:

Установка дозволяє працювати з матеріалами різної щільності, плинності та вологості (гранули, порошки, дрібнозернисті продукти).

Збір і аналіз даних:

Дані про кожен цикл транспортування та дозування автоматично фіксуються системою збору даних, що дозволяє проводити подальший статистичний аналіз.

У рамках дослідження процесу нагрівання ПЕТ-преформ в машині для виготовлення пляшок було проведено ряд експериментів.

У ході експериментів було досліджено вплив таких факторів процесу нагрівання ПЕТ-преформ на якість і продуктивність виготовлення пляшок:

- Температура нагрівання ПЕТ-преформ
- Тривалість нагрівання ПЕТ-преформ
- Швидкість нагрівання ПЕТ-преформ
- Рівень тиску в камері нагрівання

Температура нагрівання ПЕТ- преформ

Було встановлено, що температура нагрівання ПЕТ-преформ є одним з найважливіших факторів, що впливає на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

Компонент	Характеристика
Тип транспортерів	Шнековий, вібраційний, пневматичний
Продуктивність	Від 1 до 100 кг/год
Точність дозування	±0,25%
Об'єм накопичувального бункера	50 літрів
Тип пакувальних ємностей	Поліетиленові пакети, пластикові контейнери

Рис.3.1.1. Основні технічні характеристики установки.

Принцип роботи установки

1. Завантаження продукту:

Сипкий матеріал завантажується у накопичувальний бункер. Завдяки вібрації та аерації продукт подається в транспортер без залипання.

2. Транспортування:

Матеріал подається в зону дозування за допомогою транспортера (шнекового, вібраційного або пневматичного), обраного залежно від фізичних властивостей продукту.

3. Дозування:

Продукт дозується ваговим або об'ємним дозатором залежно від завдань експерименту. Дані про масу або об'єм продукту реєструються автоматично.

4. Упаковка:

Дозований продукт подається в пакувальну ємність. Точність заповнення фіксується системою збору даних.

5. Збір даних:

Усі дані про швидкість транспортування, рівномірність потоку, точність дозування та фізичні характеристики продукту зберігаються для подальшого аналізу.

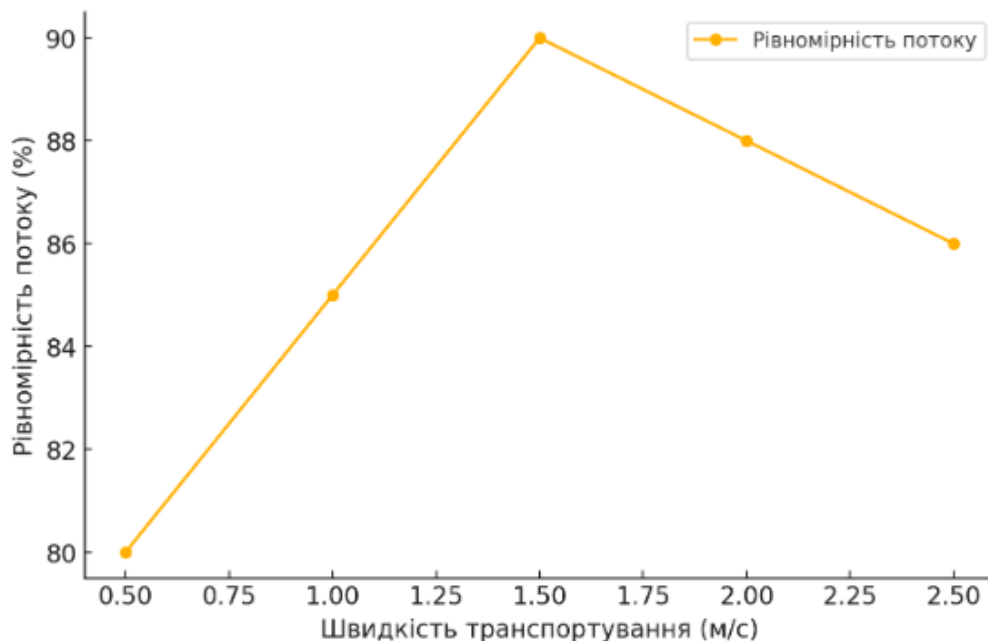


Рис.3.1.2. Графік залежності рівномірності потоку від швидкості транспортування

Вплив параметрів на процес транспортування і дозування сипких продуктів

Тривалість транспортування

Тривалість транспортування продукту має значний вплив на рівномірність потоку і стабільність роботи дозатора. Як показано на графіку, зі збільшенням швидкості транспортування рівномірність потоку досягає піку, але після певного значення починає знижуватися через можливі турбулентні ефекти.

Продуктивність системи

Точність дозування продукту залежить від продуктивності системи. Як видно з другого графіка, при збільшенні продуктивності точність дозування поступово знижується. Це може бути пов'язано із перевантаженням дозатора або

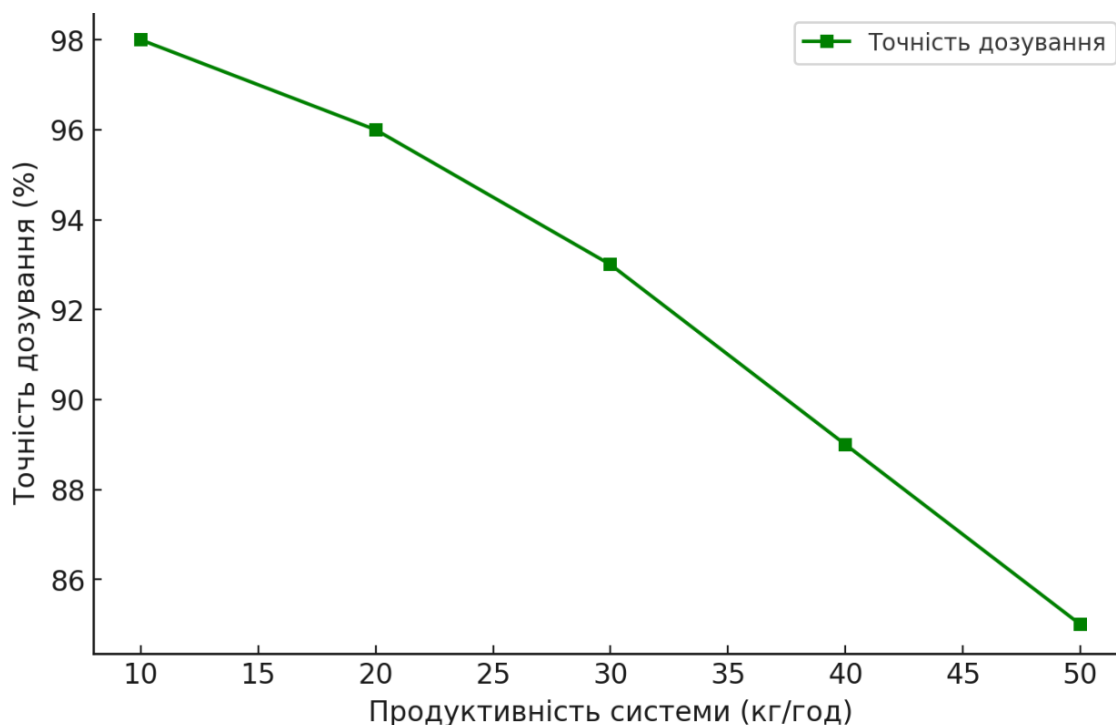


Рис.3.1.3. Графік залежності точності дозування від продуктивності системи.

3.2. Результати експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження процесу транспортування і дозування сипких продуктів дозволили отримати кількісні та якісні показники впливу ключових параметрів на точність дозування, рівномірність потоку та продуктивність системи. У цьому розділі описуються результати досліджень, проведених з використанням різних типів транспортерів і дозаторів.

1. Вплив швидкості транспортування на рівномірність потоку

Результати досліджень показали, що швидкість транспортування продукту є ключовим фактором, який впливає на рівномірність подачі матеріалу до зони дозування:

При швидкості 0.5–1.5 м/с рівномірність потоку поступово зростає, досягаючи максимального значення 90%.

При швидкостях вище 2.0 м/с рівномірність починає знижуватися через утворення турбулентності в транспортері.

Висновок: Оптимальний діапазон швидкості транспортування для забезпечення стабільного потоку продукту становить 1.0–1.5 м/с.

2. Вплив продуктивності системи на точність дозування

Точність дозування знижувалася зі збільшенням продуктивності системи:

При продуктивності 10–20 кг/год точність залишалася високою (98–96%).

При збільшенні продуктивності до 50 кг/год точність знижувалася до 85%, що пояснюється обмеженнями дозуючого механізму.

Висновок: Для досягнення максимальної точності дозування продуктивність системи слід обмежувати в діапазоні до 30 кг/год.

3. Вплив фізичних властивостей продукту

Експерименти показали, що фізичні властивості сипких продуктів, такі як щільність і вологість, суттєво впливають на стабільність процесу:

Продукти з низькою плинністю (наприклад, порошки з високою

вологістю) спричиняли залипання в транспортері, що знижувало рівномірність потоку.

Гранульовані продукти середньої плинності забезпечували найкращу стабільність процесу.

Висновок: Для стабільної роботи системи слід забезпечити попереднє сушіння або вибір транспортера, який мінімізує залипання.

Загальний висновок

Результати експериментальних досліджень дозволяють зробити такі висновки:

- Швидкість транспортування і продуктивність системи є ключовими факторами, які визначають стабільність процесу і точність дозування.
- Оптимальні режими роботи транспортера і дозатора дозволяють забезпечити рівномірність потоку і точність дозування, навіть за високих вимог до продуктивності.
- Для зменшення впливу фізичних властивостей продукту необхідно застосовувати попереднє оброблення матеріалу (наприклад, сушіння) або вибирати обладнання, адаптоване до роботи з матеріалом певного типу.

РОЗДІЛ 4. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ДО ПРОЦЕСІВ ПАКУВАННЯ СИПКИХ ПРОДУКТІВ

Загальні положення:

1. Вимоги щодо охорони праці поширюються на суб'єкти господарювання незалежно від форм власності та організаційно-правової форми, діяльність яких пов'язана з транспортуванням і дозуванням сипких продуктів.
2. У термінології вживається визначення: об'єкт транспортування і дозування сипких продуктів — це підприємство або організація, що здійснює переміщення, зберігання, фасування та пакування сипких матеріалів із використанням спеціалізованого обладнання та технологічних процесів.
3. Інші терміни, які використовуються в цих правилах, відповідають Закону України «Про охорону праці» та ДСТУ 2293-99.
4. Вимоги безпеки до виробничих приміщень
5. Протипожежний захист: Виробничі приміщення, де здійснюються транспортування та дозування сипких продуктів, повинні бути оснащені системами протипожежного захисту відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2010. Обладнання приміщень первинними засобами пожежогасіння, такими як порошкові або газові вогнегасники, є обов'язковим.
6. Організація виробничих зон: У приміщеннях повинні бути окремі зони для зберігання сировини, підготовки продукту, транспортування, дозування, пакування та складування готової продукції. Планування має забезпечувати безперервність технологічних процесів і мінімізацію довжини шляхів переміщення матеріалів.
7. Вентиляція та повітряний обмін: Усі виробничі приміщення повинні бути обладнані вентиляційними системами (механічними або природними), які забезпечують нормалізацію температури, вологості та стану повітря. Місця виділення пилу повинні бути оснащені локальними відсмоктувачами, а для його уловлення — фільтрами або пилоуловлювачами.
8. Контроль пилу: Поверхні приміщень повинні бути гладкими, зручними для очищення, щоб уникнути накопичення пилу. Прибирання приміщень повинно

здійснюватися не рідше одного разу за зміну, без підняття пилу, з використанням вологого прибирання.

9. Підлога: Підлога повинна бути рівною, неслизькою, стійкою до механічних навантажень, впливу вологи та хімічних середовищ. Має бути забезпечений ухил для стоку в каналізацію.
10. Санітарно-гігієнічні умови: Усі робочі зони мають відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99 щодо мікроклімату, а вміст пилу не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), встановлених ГОСТ 12.1.005-88.
11. Шум та вібрація: Рівні шуму та вібрації від роботи транспортерів і дозаторів мають відповідати нормам, визначеним ДСН 3.3.6.037-99 та ДСН 3.3.6.039-99.
12. Освітлення: Приміщення повинні бути обладнані природним та штучним освітленням відповідно до ДБН В.2.5-28-2006. Електричні мережі повинні бути ізольованими, захищеними від пошкоджень і адаптованими до роботи в умовах підвищеного пиловиділення.
13. Засоби механізації: У складських приміщеннях необхідно використовувати механізми для вантажно-розвантажувальних робіт, такі як транспортери, візки або ліфти. Схема розміщення сировини і готової продукції повинна бути затверджена службою охорони праці.
14. Аптечки та засоби першої допомоги: Кожне виробниче приміщення повинно бути оснащено аптечкою з необхідними медикаментами для надання першої допомоги.

Особливості охорони праці при роботі з сипкими продуктами.

1. Захист від пилу: Для зменшення пилоутворення застосовуються зволоження продукту, закриті транспортні системи та системи витяжної вентиляції.
2. Запобігання вибухонебезпеці: При роботі з легкозаймистими сипкими матеріалами (наприклад, борошном) необхідно уникати утворення

вибухонебезпечної суміші пилу та повітря. Для цього використовуються пилоуловлювачі, а також обладнання, яке не створює іскор.

3. Сховища для сировини: Склади повинні бути обладнані знаками безпеки, що вказують на типи матеріалів та їх небезпеку, а також повинні мати доступ до засобів пожежогасіння.
4. Вимоги до персоналу: Усі працівники мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту, такими як респіратори, захисні окуляри, навушники для захисту від шуму та рукавички.
5. Місця для куріння: Куріння в приміщеннях заборонено, за винятком спеціально обладнаних зон, які забезпечені урнами та засобами пожежогасіння.

Вимоги до безпеки виробничого обладнання та організації робочих місць

1. Розміщення обладнання та забезпечення безпеки. Розміщення обладнання для транспортування та дозування сипких продуктів у виробничих приміщеннях або на відкритих майданчиках має забезпечувати зручність і безпеку його експлуатації. Розташування повинно враховувати можливість проведення планових і аварійних ремонтів, а також забезпечувати оперативний доступ для локалізації аварійних ситуацій.

2. Схема розташування обладнання. У кожному приміщенні або на ділянці, де здійснюється транспортування та дозування сипких продуктів, повинна бути схема розташування технологічного обладнання та комунікацій. Схема повинна бути виконана з використанням умовних позначень і кольорів із зазначенням розташування трубопроводів, запірної арматури, контрольно-вимірювальних приладів і автоматизованих систем управління.

3. Проходи для обслуговування обладнання

- Основні проходи для обслуговування обладнання повинні бути не менше 1,5 м завширшки.
- Відстань між суміжними машинами має становити не менше 1,2 м.

- Робочі проходи між обладнанням і стінами приміщення або іншими машинами, якщо передбачено кругове обслуговування, повинні бути не менше 0,8 м.

4. Маркування шляхів технологічного транспорту

- Шляхи для руху технологічного транспорту (електрокари, автокари) повинні бути позначені обмежувальними лініями шириною не менше 50 мм.

- Швидкість руху технологічного транспорту не повинна перевищувати 5 км/год.

- Ширина проїзду має бути шириною транспортного засобу плюс 1,6 м (по 0,8 м з кожного боку) до найближчого обладнання.

5. Транспортування вантажів

- Транспортування сипких продуктів має здійснюватися транспортними засобами (електрокарами, автокарами), які відповідають вимогам стандартів безпеки, зокрема ГОСТ 12.2.003-91.

- Використання несправного транспорту категорично заборонено.

- Перевезення працівників на транспортних засобах, призначених для транспортування вантажів, не допускається.

ВИСНОВКИ

У рамках дипломного проекту на тему "Параметричний аналіз технологічного процесу подачі сипких продуктів в упаковку" було проведено комплексне дослідження, спрямоване на оптимізацію процесу транспортування і дозування сипких продуктів. Проект включав аналіз теоретичних основ, експериментальні дослідження, розробку рекомендацій і оцінку безпеки обладнання. Основні результати роботи підтверджують доцільність обраного напрямку дослідження і мають значну практичну цінність.

1. Теоретичні основи процесу подачі сипких продуктів

Проведений аналіз показав, що транспортування і дозування сипких продуктів є складним багатofакторним процесом, який залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу, конструктивних особливостей обладнання і режимів роботи системи. Основними параметрами, які впливають на стабільність процесу, є:

Швидкість транспортування — впливає на рівномірність потоку і точність дозування.

Точність дозування — визначає якість упаковки продукту і мінімізує перевитрати матеріалу.

Властивості продукту — вологість, щільність, плинність визначають вибір типу транспортувальних і дозуючих механізмів.

Аналіз сучасних систем транспортування (шнекових, вібраційних і пневматичних) та дозування (вагових і об'ємних) дозволив ідентифікувати їх переваги та недоліки для різних типів сипких матеріалів.

2. Експериментальні дослідження

Експериментальна частина роботи була спрямована на дослідження впливу ключових параметрів процесу на продуктивність, рівномірність потоку і точність дозування. Основні результати:

Вплив швидкості транспортування

Результати показали, що при швидкості 1.0–1.5 м/с рівномірність потоку досягає оптимального рівня (90%), однак при підвищенні швидкості вище 2.0 м/с спостерігалось зниження рівномірності через турбулентність.

Точність дозування залежно від продуктивності системи

При продуктивності до 30 кг/год точність дозування становила 96–98%. Подальше підвищення продуктивності призводило до зниження точності через обмеження швидкості роботи дозатора.

Вплив фізичних властивостей продукту

Матеріали з високою плинністю (наприклад, гранули) демонстрували стабільність у процесі транспортування, тоді як порошкоподібні продукти з високою вологістю спричиняли залипання і зниження продуктивності.

Рекомендації щодо оптимізації

На основі експериментальних даних розроблено рекомендації для підвищення ефективності процесу:

Оптимальні режими транспортування:

Для більшості сипких продуктів рекомендовано використовувати шнекові транспортери при швидкості 1.0–1.5 м/с для забезпечення рівномірного потоку.

Вибір типу дозаторів:

Для продуктів з високими вимогами до точності упаковки рекомендовано використовувати вагові дозатори з автоматичним контролем маси.

Підготовка продукту:

Для матеріалів із низькою плинністю слід проводити попереднє сушіння або використовувати вібраційні транспортери для уникнення залипання.

Автоматизація процесу:

Інтеграція систем збору даних і автоматичного регулювання параметрів дозволить адаптувати процес під зміни умов роботи в реальному часі.

4. Вимоги до безпеки обладнання

Особливу увагу було приділено організації безпечної експлуатації

обладнання:

Приміщення, де здійснюється транспортування і дозування сипких продуктів, мають бути оснащені системами вентиляції та локального пиловидалення для запобігання утворенню вибухонебезпечних сумішей.

Робочі проходи і місця для обслуговування обладнання повинні відповідати нормативам безпеки, а транспортувальні шляхи марковані.

Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (респіратори, захисні окуляри), а також проведення інструктажів з охорони праці має бути обов'язковим.

5. Практична значимість

Результати проєкту можуть бути використані для:

Модернізації існуючих систем транспортування і дозування на підприємствах.

Проєктування нових виробничих ліній з урахуванням специфіки сипких продуктів.

Підвищення якості упаковки продуктів шляхом забезпечення стабільності потоку і точності дозування.

6. Загальний висновок

Дипломний проєкт успішно вирішив поставлені завдання, підтвердив актуальність оптимізації процесу транспортування і дозування сипких продуктів. Проведений параметричний аналіз дозволив визначити оптимальні режими роботи обладнання та розробити рекомендації, які сприяють підвищенню продуктивності, зменшенню втрат матеріалів і покращенню умов праці. Отримані результати можуть бути інтегровані в сучасні системи автоматизації виробництва, забезпечуючи високі стандарти якості і безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України "Про охорону праці". [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
2. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. – Київ: Держспоживстандарт України, 1999.
3. ДБН В.2.5-56:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
4. ДБН В.2.5-28:2006. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінбуд України, 2006.
5. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ: МОЗ України, 1999.
6. ДСТУ 12.1.005-88. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони. – Київ: Держстандарт України, 1988.
7. Бабенко В.І., Ковальчук С.П. "Системи транспортування сипких матеріалів: конструкція та принципи роботи". – Київ: Техніка, 2016.
8. Мельник А.П. "Пневмотранспорт сипких матеріалів". – Львів: Світ, 2019.
9. Дерев'яно С.В. "Механізми дозування сипких матеріалів". – Харків: Основа, 2018.
10. Іващенко П.І. "Вібраційні системи транспортування сипких продуктів". – Одеса: Маяк, 2017.
11. Шевченко М.М. "Моделювання процесів транспортування сипких матеріалів". – Київ: КНТЕУ, 2020.
12. Пономаренко О.В. "Автоматизація процесів фасування та пакування сипких продуктів". – Чернігів: Чернігівський національний технологічний університет, 2021.
13. Мартинюк І.О. "Аналіз ефективності шнекових транспортерів для сипких продуктів". – Тернопіль: Підручники і посібники, 2018.
14. ДСТУ EN 12341:2014. Контроль пилу в робочих приміщеннях. – Київ: Держстандарт України, 2014.

15. Павлюк В.Ю. "Техніка безпеки при роботі з сипкими продуктами у харчовій промисловості". – Київ: Агроосвіта, 2017.
16. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. – Київ: Держспоживстандарт України, 2015.
17. Гринюк А.Р. "Технологічні аспекти транспортування сипких матеріалів". – Вінниця: Універсум, 2020.
18. Левченко Ю.В. "Системи автоматизації транспортування та дозування матеріалів". – Дніпро: ДНУ, 2019.
19. Наказ МОЗ України № 159 від 29.03.2006. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони. – Київ: МОЗ України, 2006.
20. Шульга С.О. "Інноваційні технології у процесах фасування сипких продуктів". – Харків: ХНТУСГ, 2021.