

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему «**Обґрунтування конструктивних параметрів дозатора
зерна**»

Виконав: студент VI курсу, групи Маш-61

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Андрій МАЗНИК
(Ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н., в.о. доц. Роман ШЕРЕМЕТА
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Рівень вищої освіти – другий магістерський
Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Машинобудування
(назва кафедри)

(підпис)

професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
(Ім'я та прізвище)

“ ____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

Мазнику Андрієві Віталійовичу
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема роботи: «Обґрунтування конструктивних параметрів дозатора зерна»

Керівник роботи _____ к.т.н., в.о. доц. Шеремета Роман Богданович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛНУП від 28 квітня 2023 року №133/к-с

2. Строк подання студентом роботи до 15.01.2024 року

3. Вихідні дані до работ: довідкова література, технічні характеристики та креслення дозаторів, каталоги обладнання для дозування, методики розрахунку машин для дозування, інструкції з охорони праці, характеристики зернового матеріалу для дозування.

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

4.1. Аналіз способів та обладнання для дозування; 4.2. Теоретичні дослідження процесу дозування; 4.3. Дослідна частина; 4.4. Охорона праці; 4.5. Економічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		Завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Шеремета Р.Б. в.о. доц. каф. машинобудування			
4	Городецький І.М. доц. каф. УПБВ			

7. Дата видачі завдання “ ____ ” _____ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Огляд обладнання для дозування	26.05.23	
2	Теоретичні дослідження процесу дозування	30.06.23	
3	Дослідна частина	28.08.23	
4	Охорона праці	25.09.23	
5	Економічна ефективність	15.10.23	
6	Оформлення пояснювальної записки	15.12.23	
7	Оформлення графічної частини	15.01.24	

Студент

(підпис)

Андрій МАЗНИК
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Роман ШЕРЕМЕТА
(прізвище та ініціали)

УДК 631.363.21

Обґрунтування конструктивних параметрів дозатора зерна Мазник А.В. Кваліфікаційна робота. – Дубляни, Кафедра машинобудування. Львівський національний університет природокористування, 2024. 54 с.

20 рис., 3 табл., 15 літ. джерел.

Виконано аналіз стану питання в теорії та практиці. Розглянуто методи та обладнання, що використовується для дозування, зокрема сипких матеріалів. Проаналізовано існуючі способи дозування сировини і схеми дозаторів, властивості сировини, що можуть впливати на процес дозування а також наукові дослідження.

Розглянуто умови безперешкодного висипання сипкого матеріалу з бункерного дозатора гравітаційного типу.

Здійснено експериментальні дослідження фізико-механічних властивостей зернового матеріалу зокрема коефіцієнт тертя ковзання пшениці, показано його зміну від вологості зерна та матеріалу поверхні ковзання. А також вплив цих параметрів на розмір отвору та продуктивність дозатора.

Розглянуто правила охорони праці яких необхідно дотримуватися під час роботи з дозаторами.

Зміст

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ ПРОДУКТІВ	8
1.1. Характеристика процесу та методів дозування	8
1.2 Принципові схеми основних типів дозаторів сипучих матеріалів	14
1.3. Фізико-механічні властивості сипких матеріалів	16
1.4. Аналіз наукових досліджень на сучасному етапі	20
1.5 Завдання кваліфікаційної роботи.....	21
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ	23
2.1. Характер висипання сипких матеріалів	23
2.2. Умови висипання матеріалу з бункера	27
2.3. Параметрами які характеризують процес висипання.....	28
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	31
3.1. Фізико-механічні властивості зерна.....	31
3.2. Дослідження коефіцієнта тертя ковзання зерен пшениці	32
3.3. Вплив матеріалу поверхні ковзання та сортових відмінностей зерна пшениці на коефіцієнт тертя ковзання.....	34
3.4 Вплив шорсткості сталевих поверхонь на коефіцієнт тертя ковзання.....	35
3.5. Дослідження оптимальних параметрів дозатора	37
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	41
4.1. Вимоги безпеки до виконання робіт у силосах і бункерах	41
4.2. Основні вимоги безпеки під час виконання робіт у складах.....	42
4.3. Вимоги до безпечної експлуатації виробничого устаткування.....	47
4.4 Розрахунок захисного заземлення	48
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	51
Висновки і пропозиції	52
Бібліографічний список	53

ВСТУП

Дозування зерна для подрібнення у молотковій дробарці є ключовим етапом в процесі подрібнення та приготування кормів для тварин. Точне дозування зерна впливає на якість корму та ефективність його використання тваринами.

Важливо використовувати автоматизовані системи дозування, які забезпечують точне вимірювання та подачу необхідної кількості зерна. Це може бути реалізовано за допомогою вагових систем, сенсорів чи інших автоматизованих пристроїв.

Важливо встановити системи контролю, які забезпечать постійний моніторинг кількості зерна, яке вводиться у молоткову дробарку. Це може включати в себе відповідні сенсори та системи звітності.

Система повинна мати можливість регулювання кількості зерна відповідно до вимог індивідуального рецепту чи процесу виробництва.

Різні види зерна можуть мати різні характеристики щодо їхньої густини, розміру та текстури. Дозувальна система повинна бути спроектована так, щоб враховувати ці відмінності.

Оскільки подрібнення зерна може призводити до утворення пилу, важливо враховувати аспекти безпеки та системи управління пилом для забезпечення безпечних та ефективних робочих умов.

Дозувальна система повинна інтегруватися у виробничий процес так, щоб узгоджуватися з іншими етапами виготовлення кормів.

Узагальнюючи, точне та автоматизоване дозування зерна в молотковій дробарці визначається вимогами конкретного виробництва та типом використовуваного обладнання. Розробка ефективної та надійної системи дозування допомагає підвищити якість кормів і оптимізувати виробничі процеси.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ ПРОДУКТІВ

1.1. Характеристика процесу та методів дозування

На переробних і харчових виробництвах велике значення має процес відмірювання певних порцій (дозування) сировини, допоміжних матеріалів, готової продукції.

Процес дозування повинен забезпечити правильне ведення технологічних процесів, задану рецептуру, правильну і точну розфасовку готових продуктів, що надходять до споживача.

На підприємствах багатьох галузей переробної промисловості дозують матеріали і продукти різної структури та різних властивостей: сипучі, рідкі малов'язкі, рідкі, густі, пластичні пасто - і тістоподібні. У зв'язку із цим, а також через різні вимоги до точності дозування його здійснюють різними методами і різноманітними дозуючими пристроями, які відрізняються за принципом дії, конструкції робочих органів та продуктивності.

При конструюванні дозуючих пристроїв необхідно враховувати в першу чергу фізико-механічні і гранулометричні властивості продуктів, що дозують:

а) розміри часток, об'ємну масу, рухливість (сипкість), вологість, злежуваність, створення грудок, можливість утворення склепінь і розпилення (для сипучих продуктів);

б) в'язкість, липкість, наявність зважених часток (для рідких продуктів);

в) об'ємну масу, консистенцію, липкість, рухливість, пружність (для пасто - і тістоподібних продуктів).

Сипучі продукти в харчових виробництвах, зустрічаються у вигляді тонкодисперсних порошків (цукрова пудра, пудра какао та ін.), дрібних часток (борошно, кава, порошок какао та ін.), мілкошматкових (цукровий пісок, крупа, чай та ін.), крупношматкових (коренеплоди і бульбоплоди, штучні вироби, макаронні вироби, цукор-рафінад та ін.), також пластівчастих (волокна, лусочки, пластівці) [2].

Об'ємна маса сипучого матеріалу коливається в широких межах залежно від гранулометричного складу, однорідності, вологості та інших властивостей.

Рухливість або сипкість продукту визначається кутом його природнього укосу і залежить головним чином від зернистості, форми часток, вологості та інших властивостей.

При схильності продуктів до утворення склепінь і втраті плинності в дозаторах необхідні спеціальні пристрої, що усувають причини, які викликають це явище.

Дозуючі пристрої повинні бути пристосовані до регулювання, переналагодження, зміни режиму роботи і забезпечувати при цьому надійне та точне дозування [1].

Дозування може бути безперервним і порціонним. Останній вид дозування застосовується, як правило, при фасувальних операціях.

За принципом дозування всі дозуючі пристрої діляться на об'ємні і вагові (рис. 1.1, 1.2).



Рис. 1.1. Дозатор об'ємний GCG-A напівавтоматичний для рідких та пастоподібних продуктів



Рис. 1.2. Дозатор ваговий FOYER FZ-5000 вібралотковий прямої дії

Ваговий спосіб дозування, як правило, забезпечує більшу точність, тому для дозування основного компонента тіста – борошна, як при безперервному, так і порціонному тістоприготуванні частіше використовують вагові дозатори.

Об'ємний принцип дозування конструктивно більш простий, тому дозатори, засновані на цьому принципі роботи, більш надійні. Застосування об'ємного методу суттєво спрощує процес дозування рідких компонентів. Разом із цим, об'ємне дозування нерідко характеризується більш значною погрішністю, що в окремих випадках обмежує його застосування.

При ваговому дозуванні погрішність звичайно становить у середньому близько 0,1%, а при об'ємному – близько 2...3 %.

Для дозування сипучих продуктів застосовуються об'ємні і вагові дозатори, порціонні та безперервного дозування.

Для готування сумішей із сипучих продуктів, як правило, застосовують залежно від конструкції робочого органа об'ємні дозатори – барабанні, тарілчасті, шнекові, мірні ємності і вагові – бункерні із противагою.

Для дозування готових продуктів використовуються об'ємні дозатори: секторні, шиберні, плунжерні, грейферні, стрічкові та мірні ємності.

Для дозування вологих розсипних продуктів звичайно використовують стрічкові або шнекові транспортери, що мають засоби для регулювання витрати, що і включаються в строго певний час.

Рідкі продукти дозуються в основному за допомогою мірних ємностей різних конструкцій.

Вибір способу дозування й типу дозатора залежить від фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів, що дозуються.

У деяких галузях промисловості, зокрема у хлібопекарській і макаронній застосовується систематичне дозування кількох різних видів сировини, тому більш раціонально використовувати багатокomпонентні дозуючі пристрої.

Такі установки можуть працювати в автоматичному режимі, а функції обслуговуючого персоналу зводяться до спостереження і контролю точності роботи установки. Подібні багатокomпонентні системи застосовуються як для порціонного, так і для безперервного дозування об'ємним або ваговим методом.

Багатокomпонентне дозування може здійснюватися за наступними схемами:

- послідовне дозування компонентів в одному загальному дозаторі.
- паралельне дозування кожного компонента в окремому спеціальному дозаторі (так звані дозувальні станції).

Перша схема використовується, як правило, при порціонному дозуванні і є досить простою і економічною. Вона забезпечує меншу металоємність, що сприяє компактності установки. Однак тривалість загального циклу дозування через послідовне відмірювання компонентів досить велика. Це може знизити продуктивність технологічного обладнання.

Друга схема застосовується при безперервній і порціонній обробці напівфабрикатів. Вона дозволяє найбільше повно пристосувати кожний дозатор до особливостей компонента, що дозується і, тим самим, підвищити точність дозування. Разом із цим, потрібно враховувати, що дозувальні станції такого типу більш громіздкі і мають дещо більшу вартість.

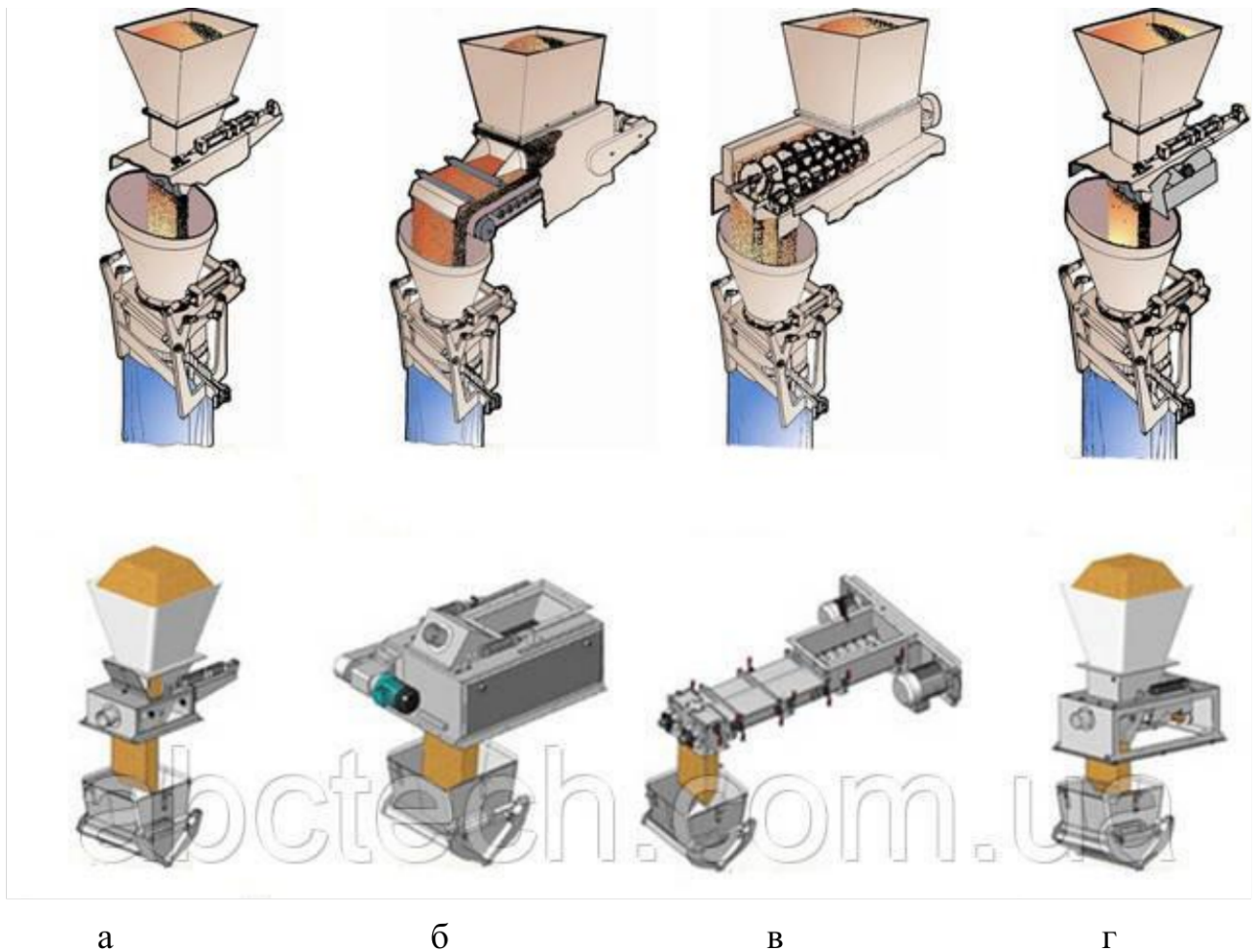
На багатьох переробних виробництвах об'ємні дозатори безперервної дії використовуються також у якості живильних механізмів для подачі продуктів або матеріалів у машини. Вони подають продукт рівномірним потоком. Об'єм продукту, що потрібно подавати в одиницю часу, визначається швидкістю подачі або поперечним перерізом потоку продукту. У першому випадку останнє постійно, у другому – не міняється швидкість подачі.

При постійному перетині потоку в дозуючих пристроях установлюють спеціальні приводні механізми для регулювання швидкості подачі в необхідних межах. При другому варіанті дозування в пристроях необхідно мати механізми для зміни потоку подаваного продукту в процесі його переміщення.

Залежно від класифікаційних ознак дозатори-живильники безперервної дії діляться на барабанні, тарілчасті, шнекові, стрічкові, лоткові, хитні, плунжерні, струшуючі і вібраційні (рис. 3). Залежно від співвідношення ручних і машинних операцій при дозуванні розрізняють дозатори напівавтоматичної і автоматичної дії.

На переробних виробництвах дозування рідин застосовується для забезпечення певного технологічного режиму, а також для розфасовки рідких продуктів у тару (молоко, рослинна олія та ін.).

У першому випадку можуть застосовуватися мірні посудини, об'ємні вимірювальні пристрої різного принципу дії, дросельні витратоміри з виконавчими механізмами-автоматами, вагові автоматичні дозатори.



а

б

в

г

Рис. 1.3. Дозатори-живильники безперервної дії для упакованої продукції та порції певної сировини:

а – гравітаційний, б – стрічковий, в – шнековий та г – вібраційний

Для розливу в тару рідких продуктів застосовуються спеціальні порціонні дозатори, які відмірюють рідини тільки за об'ємом. Для дозування високовартісних продуктів застосовуються спеціальні об'ємні вимірювальні пристрої – дозуючі елементи розливальних автоматів. Для дозування менш вартісних рідких продуктів у якості об'ємних вимірювальних пристроїв використовується тара (пляшки, банки), яка заповнюється до постійного рівня.

Загальна класифікація дозуючих пристроїв представлена на рисунку 4 [4].

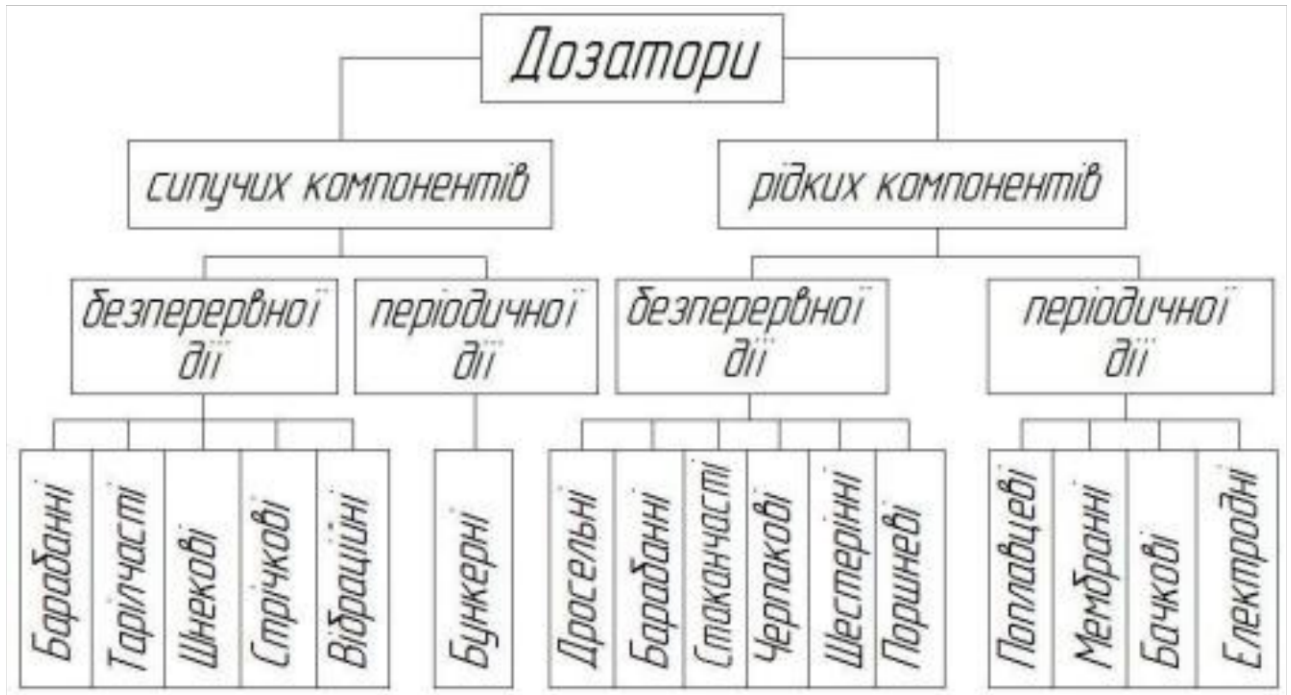


Рисунок 1.4 – Загальна класифікація дозуючих пристроїв

Погрішність дозування в цих випадках залежить від того, наскільки дана харчова тара відповідає своїй ємності.

1.2 Принципові схеми основних типів дозаторів сипучих матеріалів

Принцип дії об'ємних дозаторів безперервної дії для сипучих матеріалів заснований на подачі продукту з ємності (бункера) робочим органом, що робить обертальний, поступальний або зворотно-поступальний рух. Для безперервного дозування використовують барабанні, тарілчасті, шнекові, стрічкові і вібраційні дозатори [4].

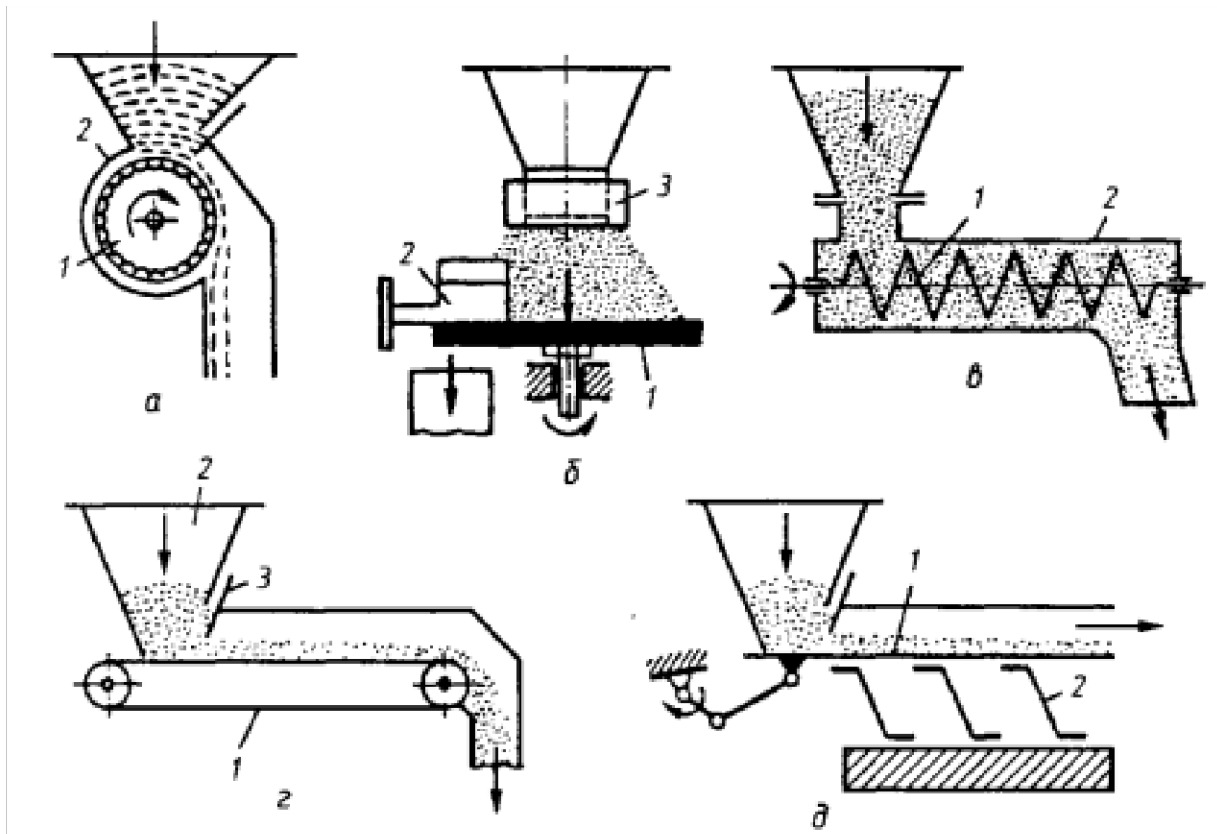


Рис. 1.5 – Схеми дозаторів об'ємного типу для сипучих компонентів:

а - барабанний; б - тарілчастий; в - шнековий; г - стрічковий;
д - вібраційний.

Барабанний дозатор (рис. 1.5, а) має робочий орган 1, розташований у корпусі 2, з декількома гніздами (кишенями), які заповнюються сипучим матеріалом під дією сили ваги. При регулюванні продуктивності міняють об'єм поглиблень (кишень) або частоту обертання барабана. З кишень продукт самопливом надходить у вихідний патрубок дозатора.

Тарілчастий дозатор (рис. 1.5, б) являє собою горизонтальний диск 1, що обертається (таріль), з якого матеріал скидається шкребком 2. Висота шару матеріалу регулюється пересувною манжетою 3, яка перекриває вихідний патрубок бункера. Матеріал розташовується на тарілці усіченим конусом, розміри якого залежать від висоти розташування манжети.

Шнековий дозатор (рисунок 1.5, в) являє собою короткий шнек 1, поміщений у кожух 2. Шнек забирає матеріал з бункера і проштовхує його до

вихідного патрубка. Продуктивність дозатора може регулюватися частотою обертання шнека.

Стрічковий дозатор (рис. 1.5, г) є коротким стрічковим конвеєром 1, розташованим під живильним бункером 2. Подачу матеріалу можна регулювати переміщенням заслінки 3 або зміненням швидкості конвеєра.

Вібраційний дозатор (рис. 1.5, д) має робочий орган у вигляді коливного лотка 1, підвішеного на гнучких опорах 2. При вібрації лотка сипучий матеріал переміщається в поздовжньому напрямку.

Принцип дії вагових дозаторів заснований на використанні квадрантних або важільних вагових механізмів. Вагові дозатори борошна, в основному, використовують на хлібопекарських підприємствах при порціонному і потоковому тістоприготуванні.

Бункерний дозатор відноситься до дозаторів вагового типу, що працюють у періодичному режимі від живильника.

Стрічковий дозатор вагового типу (рисунок 1.5, б) забезпечує високу точність дозування сипучих компонентів при безперервних процесах виготовлення продукту. Живильник 1 подає продукт на короткий конвеєр 6, що рухається з постійною швидкістю. При надходженні продукту на конвеєр сигнал, що надходить на ваговий пристрій 2, безупинно перетворюється ним у пропорційний електричний або пневматичний сигнал, який подається в систему реєстрації і автоматичного керування 4, а потім в інтегруючий 5 і реєструючий 3 прилади. Ця система забезпечує задану продуктивність живильника.

1.3. Фізико-механічні властивості сипких матеріалів

В залежності від розмірів і форми частинок сипкий матеріал може бути в пилоподібному, порошкоподібному, зернистому та кусковому станах. У промисловості широко застосовуються полівінілхлорид, полістирол, поліетилен високого та низького тиску, термоеластоласти, тощо.

Гранулометричний склад сипкого матеріалу визначає кількісний розподіл частинок, що входять до його складу, за лінійними розмірами. Оскільки більшість сипких матеріалів складається з частинок неправильної форми, для них визначають умовний діаметр d_i , який розраховується як середнє арифметичне або середнє геометричне значення розмірів частинок:

$$d_i = \frac{lbh}{3};$$

$$d_i = \sqrt[3]{lbh}$$

де l – довжина частинки;

b – ширина частинки;

h – висота частинки.

Залежно від розміру частинок сипкі матеріали поділяють на: кускові – більше 10 мм; крупнозернисті в межах 2..10 мм; дрібнозернисті – 0,5..2 мм; порошкоподібні – 0,05..0,5 мм; пиловидні до 0,05 мм.

Визначення гранулометричного складу сипкого матеріалу здійснюють за допомогою методів прямого вимірювання, ситового аналізу, седиментаційного аналізу, фільтрації, розділення в полі відцентрових сил, електрокласифікації, фотоімпульсного, телевізійного та кондуктометричного.

Насипною густиною або об'ємною масою сипкого матеріалу ρ_n називають масу матеріалу, що знаходиться в одиниці об'єму, який він займає. Насипна густина сипкого матеріалу залежить від розміру складових його частинок, їхньої середньої густини, вологості, щільності укладання частинок у шарі. Вона не залишається постійною навіть у стані спокою сипкого матеріалу.

Значення насипної густини використовують для визначення необхідного об'єму бункерів, змішувачів, при визначенні витрат енергії на перемішування сипкого матеріалу та інших розрахунках.

Насипна густина постійно змінюється, навіть якщо матеріал знаходиться у стані спокою. Під дією вібрації відбувається ущільнення матеріалу і насипна густина збільшується. Під час руху або змішування, навпаки, відбувається розпорошення і насипна густина зменшується.

За величиною насипної густини сипкі матеріали поділяють на:

- дуже важкі – більше 2000 кг/м³ ;
- важкі – 1100..2000 кг/м³ ;
- середні – 600..1100 кг/м³;
- легкі – до 600 кг/м³ .

Вологість сипких матеріалів впливає на багато їх властивостей: плинність, коефіцієнт внутрішнього тертя [2], скліпоутворення, густину тощо. Зв'язок вологи з матеріалом може бути механічним, фізико-хімічним та хімічним. Волога, що знаходиться між частинками матеріалу та на їх поверхні, має механічний зв'язок з матеріалом. Фізико-хімічний зв'язок з матеріалом має та волога, що проникає в пори частинок за рахунок адсорбції або дифузії. Хімічно зв'язаною є волога гідратна або кристалізаційна.

Для характеристики кількості вологи, що міститься у твердих тілах, використовують два поняття: вологість та вологовміст. Під вологістю W_B розуміють співвідношення маси вологи, що міститься у сипкому матеріалі, до маси вологого матеріалу:

$$W_B = \frac{G_B - G_C}{G_B}$$

де G_B та G_C – маса вологого та абсолютно сухого матеріалу, відповідно.

Методи визначення вологості можна поділити на прямі та непрямі. Прямі методи передбачають безпосереднє вимірювання маси вологи та маси сухого матеріалу. До таких методів відносяться: висушування, екстракційний, карбідний. Непрямі методи дозволяють визначати кількість вологи на основі вимірювання пов'язаних з нею величин.

Плинність сипких матеріалів характеризує їх здатність висипатися з тією чи іншою швидкістю з отворів. Вона залежить від гранулометричного складу матеріалу, форми і розміру частинок, коефіцієнта внутрішнього тертя, вологості тощо.

Внаслідок сил тертя та зчеплення між частинками сипкий матеріал, на відміну від рідин, має різко обмежену рухливість і непропорційно передає тиск на дно та стінки ємності в залежності від висоти рівня завантаження.

Кутом природного укосу називають кут φ – рис. 1.6, утворений лінією природного нахилу (відвалу) сипкого матеріалу з горизонтальною площиною [2]. Величина кута природного укосу залежить від сил тертя, що виникають при переміщенні частинок сипкого матеріалу одна відносно одної, та сил зчеплення між ними. Кут φ визначає рухливість сипкого матеріалу. Чим менше кут природного укосу та коефіцієнт внутрішнього тертя, тим рухливіший сипкий матеріал.

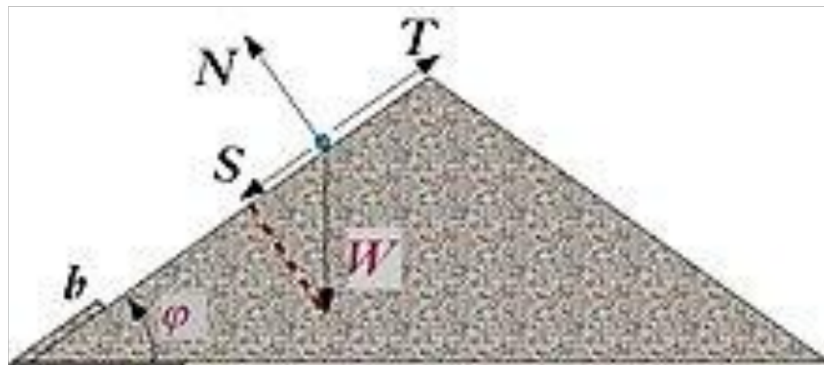


Рис. 1.6. Кут природного укосу

При тривалому збереженні багато дрібнозернистих і порошкоподібних матеріалів здатні ущільнюватися, злежуватися, втрачаючи сипкість. Ущільнюється матеріал внаслідок перерозподілу частинок у шарі: дрібні частинки під впливом незначних вібрацій вклинюються в зазори між великими частинками. Це призводить до збільшення площі контакту між частинками і, як наслідок, до зростання сил адгезії частинок між собою. Матеріал, що злежався, погано транспортується та висипається з отворів різних форм, а також може бути причиною поломки обертових частин обладнання.

Також в процесі висипання матеріалу може формуватися стійкий затор над випускними отворами бункерних пристроїв. У випадку руху крупнокускових матеріалів це явище виникає внаслідок випадкового розташування частинок у вигляді склепіння (арки).

Дрібнофракційні матеріали утворюють склепіння внаслідок зв'язаності частинок.

Поява склепінь негативно впливає на роботу дозувального обладнання, оскільки унеможлиблює рух матеріалу. Основними методами боротьби із склепіннями є збільшення розмірів випускних отворів та введення механічних пристроїв, що забезпечують руйнування склепінь.

1.4. Аналіз наукових досліджень.

Аналіз публікацій, присвячених питанням дозування сипких матеріалів, показує всю складність цього механічного процесу.

Під дозуванням прийнято розуміти такий механічний процес, в результаті якого матеріал, формується в дози або потік із заздалегідь певними параметрами. Великою, що характеризує процес дозування, є витрата матеріалу (об'ємна або масова).

Процес дозування сипких матеріалів, як відзначає Л.Я. Степук можна розділити на три фази: живлення або заповнення робочого органу дозатора матеріалом; формування дози або рівномірного потоку матеріалу; видача матеріалу. Основний вплив при цьому на нерівномірність дозування чинять фаза заповнення дозуючого пристрою матеріалом і фаза формування дози або потоку матеріалу. Робота фази заповнення дозуючого пристрою сипучим матеріалом залежить від конструктивних параметрів бункера і форми випускних отворів бункерів, які забезпечують безперебійне надходження матеріалу в зону формування дози або потоку. Робота фази формування дози або потоку залежить від конструктивних особливостей дозуючого пристрою і робить основний вплив на нерівномірність дозування.

Математична модель процесу безперервного дозування яка запропонована Відінесвим Ю.Д., полягає у видачі нерозривним потоком із забезпеченням заданих і, зокрема, постійних кількостей сипучого матеріалу або

окремих його компонентів з відхиленнями не більше допустимих в елементах потоку, відповідних встановленим проміжкам часу.

Процес дозування сипких матеріалів, як відзначають Алешкин В.Р. і Рошин П.М., відображений у вигляді числових характеристик випадкової величини, не дає об'єктивних показників тому, що він не відображає внутрішньої структури процесу.

В результаті дослідження процесів дозування встановлено, що відхилення дози від середнього значення розподіляється по нормальному закону і допуск відносного середнього значення симетричний.

Основними величинами, що характеризують процес дозування, є продуктивність дозатора і якість дозування.

Враховуючи, що процес безперервного дозування є випадковим [6], його показниками, які оцінюють якість дозування, прийнято вважати величини статистичних оцінок.

1.5. Завдання кваліфікаційної роботи

Метою роботи є обґрунтування конструктивних параметрів бункерного дозатора гравітаційного типу.

Для досягнення поставленої мети визначені наступні завдання дослідження:

- Проаналізувати теорії дозування та існуючі способи дозування сипких продуктів.
- Провести огляд конструктивних особливостей різних типів дозаторів.
- Проаналізувати фізико-механічні властивості сипких матеріалів які впливають на процес дозування.
- Визначити вплив різних факторів на конструктивні параметри дозатора.
- Описати аспекти охорони праці яких необхідно дотримуватися під час роботи з дозаторами.

Об'єктом дослідження є бункерний дозатор гравітаційного типу та технологічний процес дозування.

Предмет дослідження – закономірності впливу конструктивних параметрів дозатора на процес дозування зерна.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ

2.1. Характер висипання сипких матеріалів

Однією з умов забезпечення стабільної роботи дозатора є безперервне надходження сипучого матеріалу до дозуючого робочого органу. Тому наддозаторний бункер повинен бути виконаний таким чином, щоб виконувалася ця умова. Типи наддозаторних бункерів і їх розміри залежать від конструкції дозуючого органу і можуть бути виконані прямокутними, круглими, конічними, або круглими циліндричними.

У сільськогосподарському виробництві найчастіше застосовуються прямокутні, конічні і круглі наддозаторні бункери. Прямокутні бункери за формою днища бувають чотирискатні, трискатні і двоскатні.

У прямокутних чотирискатних бункерах рис. 2.1, квадратних в плані, кути нахилу всіх стінок однакові, а у прямокутних трьох і двоскатних бункерах сусідні стінки мають різні кути нахилу, що приводить до порушення висипання сипучого матеріалу.

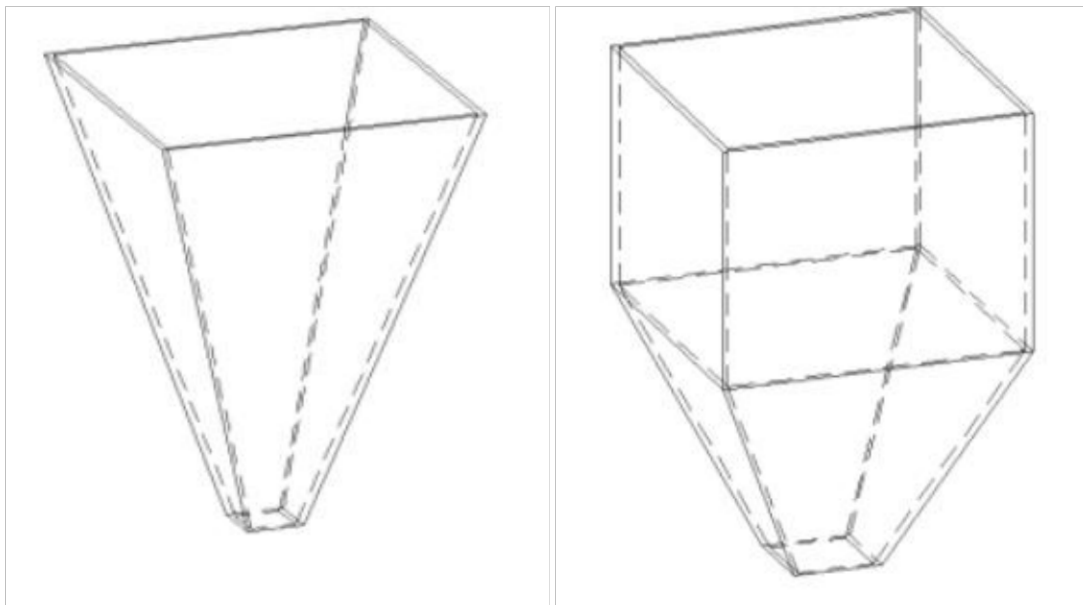


Рис. 2.1 Прямокутні пірамідальні то комбіновані бункери

Конічні наддозаторні бункери відрізняються місцем розташування випускного отвору і бувають у вигляді круглого і еліптичного конуса.

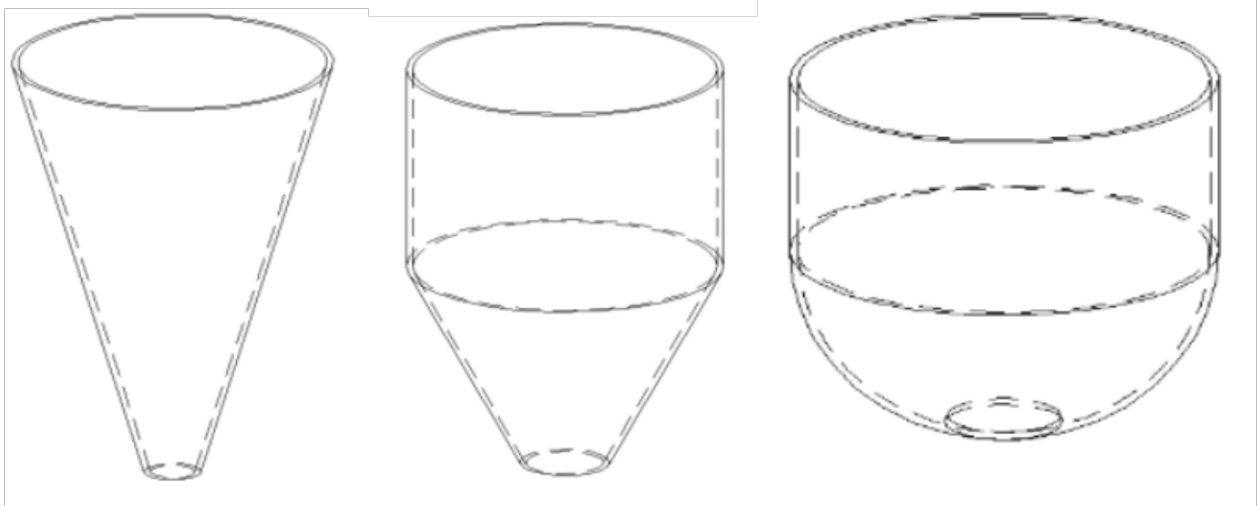


Рис. 2.2 Круглі конічні та циліндричні бункери

Перевагою конічних бункерів є те, що відсутність в них внутрішніх двогранних кутів сприяє стабільному витіканню сипучого матеріалу.

Застосування круглих циліндричних бункерів пов'язане із збільшенням корисних об'ємів бункера порівняно з конічними бункерами і залежно від форми випускного отвору вони поділяються на бункери з випускним отвором у вигляді кола, прямокутника або квадрата.

Характер висипання сипких матеріалів різноманітний і залежить від ряду причин а рух частинок носить характер складної структурної деформації. Порушення рівноваги матеріалу супроводжується перерозподілом напруги усередині нього, виникненням нової напруги і зміною їх напрямів [7]. При цьому частинки матеріалу, в основному, два види руху: первинне і вторинне. Первинний рух відбувається у вертикальній площині і обумовлений дією власної маси частинок і тиском вище розміщених шарів матеріалу. Частина сипучого матеріалу, зазнаючи первинний рух, змінює своє положення в просторі до поки не потрапляє в умовну сферу вторинного руху. Вторинний рух сприяє перемішуванню частинок і зменшує відстань між ними в горизонтальній площині, внаслідок чого матеріал ущільнюється.

Лоткові бункери рис. 2.3 із щілинним отвором використовуються для матеріалів із низькою сипкістю. Витікання матеріалу у таких бункерах відбувається по всій їх довжині. На практиці використовуються бункери із

трапецеїдальною та параболічною формою випускної воронки. Бункери із параболічною формою випускної воронки мають більшу ємність, але умови витікання у них гірші ніж у бункерах із трапецеїдальною формою, оскільки на нижніх ділянках випускної воронки кут нахилу бічної стінки зменшується, що створює умови для зависання матеріалу.

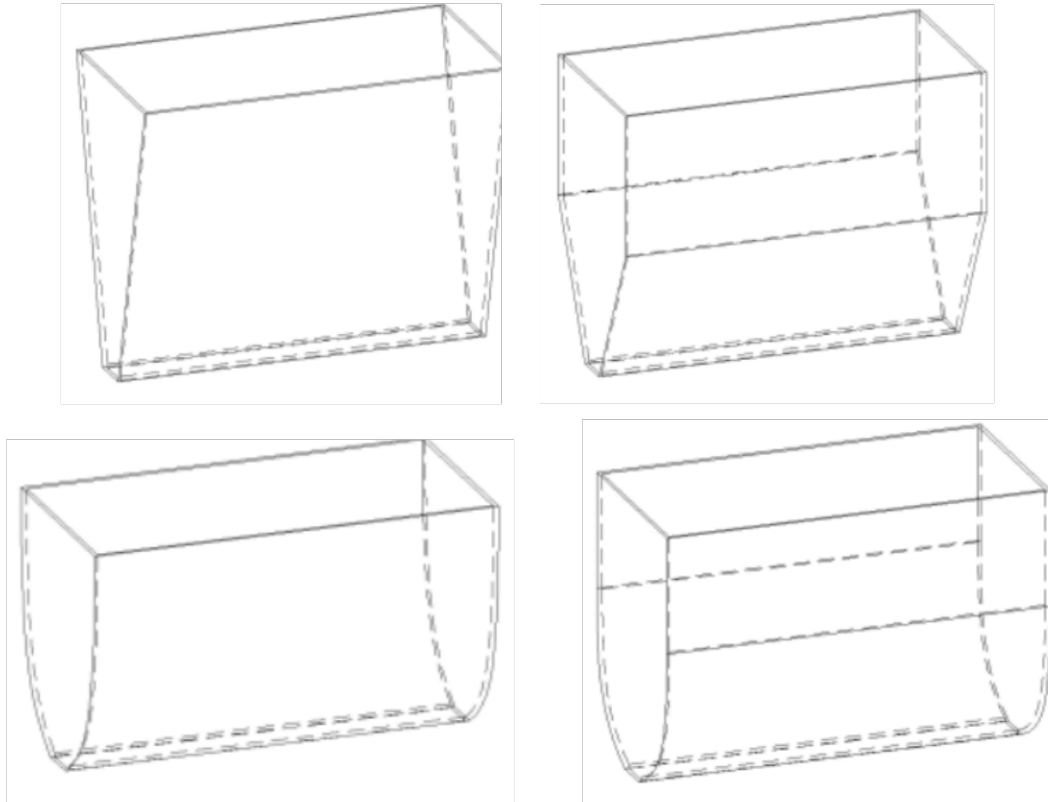


Рис. 2.3 Лоткові бункери

Процес висипання сипких матеріалів з отворів бункерів поділяються на три основні види (рис. 2.4): - нормальний, при якому сипучий матеріал рухається у вигляді стовпа, розташованого над отвором висипання (рис. 2.4 а); - гідравлічний, при якому весь сипучий матеріал в бункері рухається вниз подібно до рідини (рис. 2.4 б); - при бічному витіканні (рис. 2.4 в).

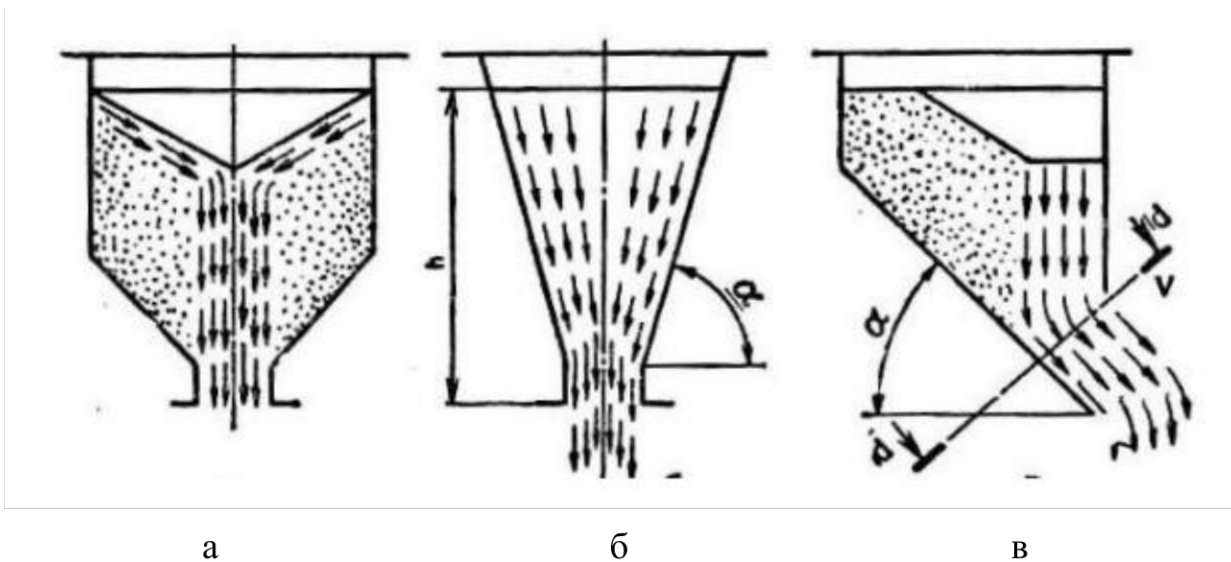


Рисунок. 2.4 Процес висипання сипких матеріалів з отворів бункерів

Найчастіше використовують перший вид висипання, який відбувається у всіх бункерах, що мають кут нахилу стінок в рекомендованих межах. Другий вид висипання властивий тоді, коли кут нахилу стінок бункера перевищує критичний, величина якого коливається від $45^\circ + \varphi/2$ до $75...80^\circ$ (φ – кут внутрішнього тертя сипучого матеріалу, який для легко сипких матеріалів може бути прирівняний до кута природного скосу).

Найпростішою конструкцією дозатора сипучого матеріалу є гравітаційний дозатор, що представляє в загальному вигляді бункер, в нижній частині якого розташований випускний отвір з регульованою заслінкою. Позитивом гравітаційних дозаторів є те, що висипання сипучого матеріалу в них відбувається під дією гравітаційних сил і не вимагає енергетичних витрат для їх роботи. Однак, не дивлячись на нескладну конструкцію таких дозаторів, вони пристосовані лише для дозування добре сипких матеріалів і у випадках, коли не потрібна висока точність дозування.

2.2. Умови висипання матеріалу з бункера

Зависання сипкого матеріалу – це один з різновидів припинення руху сипкого матеріалу, що зумовлений особливостями його переміщення та взаємодії частинок між собою та зі стінками бункера. Зависання матеріалу, що має низьку сипкість та високу в'язкість може відбуватись на похилих та навіть вертикальних стінках бункерів, що свідчить про наявність значних сил зчеплення між частинками сипкого матеріалу та стінками бункера. Частинки налипають на стінки та спресовуються у нерухомий шар. В процесі експлуатації бункера товщина цього шару поступово збільшується внаслідок налипання на нього нових частинок.

Утворення склепінь – це різновид зависання сипкого матеріалу в зоні випускного отвору бункера, коли при витіканні його над воронкою бункера виникають зависання рис. 2.5, що тимчасово або постійно перешкоджають витіканню матеріалу.

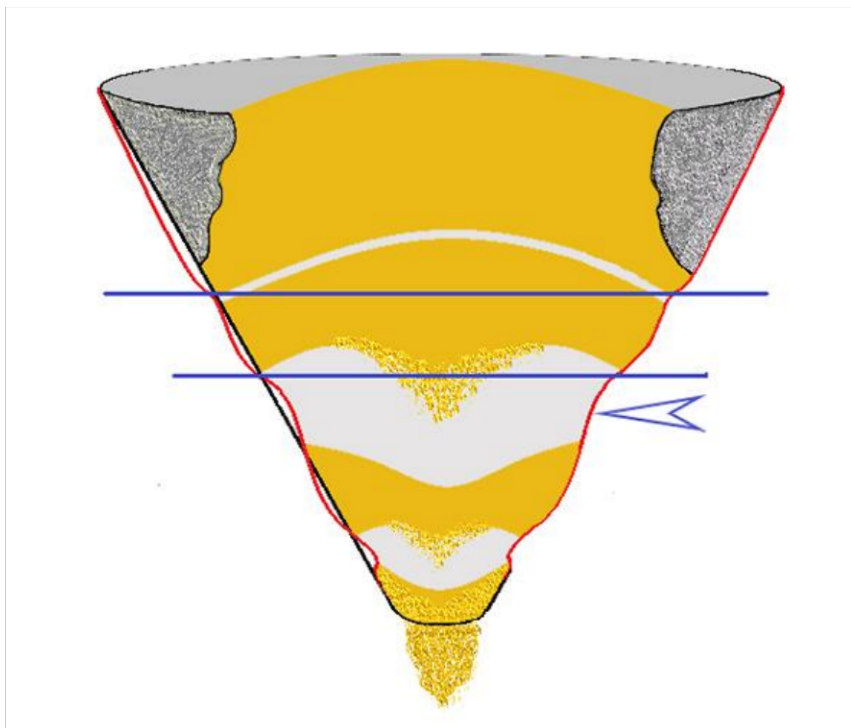


Рис. 2.5 Утворення склепіння.

Явище утворення склепінь ще не вивчено повністю. Відомо, що частота виникнення стабільного склепіння залежить від параметрів ємності,

властивостей та стану матеріалу (дисперсності, густини, сил зчеплення, форми, гранулометричного складу частинок, тощо), а також від технологічних причин. Вплив цих факторів складно теоретично передбачити. Утворення склепінь визначається випадковим просторовим розташуванням частинок, що опинились в певний момент часу безпосередньо над випускним отвором.

Передусім на процес утворення склепінь впливають фізико-механічні властивості сипкого матеріалу, що можуть змінюватись під час його завантаження та зберігання в бункері, а також при витіканні з нього. Крім того, процес утворення склепінь залежить від геометричних параметрів бункера. Встановлено, що мінімальний розмір скліпоутворюючого отвору воронки бункера в першу чергу залежить від початкового опору зсуву сипкого матеріалу, причому ця величина залежить від ущільнюючого тиску. Вплив стискання сипкого матеріалу на характер витікання практично не враховується внаслідок відсутності залежності фізико-механічних властивостей матеріалу від його напруженого стану. Зміна хоча б однієї з фізико-механічних властивостей матеріалу призводить до зміни інших властивостей, які у свою чергу також впливають на процес утворення склепінь.

2.3. Параметрами які характеризують процес висипання

До параметрів, що характеризують процес висипання сипких матеріалів з бункерів відносять: мінімально допустимий розмір випускного отвору; пропускна спроможність випускних отворів бункерів, об'ємна витрата сипучого матеріалу; швидкість висипання матеріалу; тиск матеріалу на різні поверхні бункера та інші.

К.В. Алфьоров пропонує мінімально допустимий розмір випускного отвору бункеру визначати по формулі:

$$A = \frac{1+m}{2m} k_1 (d_{max} + 80) \operatorname{tg} \varphi,$$

де $m = B / A$ відношення сторін випускного отвору бункера;

k_1 - емпіричний коефіцієнт $k_1 = 2,4 - 2,6$;

d_{\max} - максимальний розмір частинки сипучого матеріалу;

φ - кут внутрішнього тертя сипучого матеріалу.

Найчастіше для визначення критичного розміру склепо утворюючого отвору на практиці застосовується формула:

$$A = \frac{4(1 + \sin \varphi)k'_0\tau_0}{\gamma} + a',$$

Л.В. Гячев пропонує другу формулу для визначення мінімально допустимого розміру випускного вікна

$$A = d_{\max} \left[1.8 + 0.038 \left(\frac{f}{k} \right)^{18} \right],$$

де $f = S_q / d_e^3$; $k = V / d_e^3$;

S_q - площа поверхні частинки;

d_e - діаметр круга, якій має таку ж площу, як і частинка;

V - об'єм частинки.

Величина критичного розміру отвору для гравітаційного дозатора для зерна може визначається, як

$$D = 4\sqrt{B \cdot C}$$

де B і C – два найбільші розміри зерна, мм.

Для визначення об'ємної витрати матеріалу при його витіканні із бункерів використовують наступну формулу:

$$Q = 3600\mu\nu FR,$$

Для визначення швидкості висипання сипучого матеріалу з гравітаційного дозатора використовують формулу

$$v = \sqrt{2g \frac{\sigma_b}{\gamma}},$$

За умови нормального плинку легкосипкого матеріалу швидкість витікання дорівнюватиме:

$$v = \lambda \sqrt{3,2gR},$$

де v – швидкість витікання, м/с;

R – гідравлічний радіус випускного отвору, м;

λ – коефіцієнт витікання.

Для легкосипких матеріалів значення λ знаходиться у межах 0,55...0,65; для крупнозернистих та кускових матеріалів з кусками неправильної форми у сухому стані – 0,3...0,5; для пиловидних та порошкоподібних матеріалів – 0,2...0,25.

Гідравлічний радіус отвору розраховується за формулою:

$$R = \frac{S}{L},$$

де S – площа випускного отвору, м²;

L – периметр випускного отвору (визначається з урахуванням розмірів типових частинок сипкого матеріалу), м.

Для квадратного отвору гідравлічний радіус дорівнює:

$$R = \frac{A - a'}{4},$$

де A – довжина сторони отвору;

a' – розмір частинки.

РОДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Фізико-механічні властивості зерна

Параметри бункерного дозатора будуть залежати від характеристик матеріалу, або в даному випадку зерна, яке буде протікати через дозатор. Розглянемо основні характеристики різних зернових культур у таблиці 1 [8].

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості зернової маси різних зернових культур

Культура	Розміри зерна, мм			Об'ємна маса, кг/дм ³	Коефіцієнт внутрішнього тертя	Шпару- ватість, %
	довжи - на	шири - на	тов- щина			
Пшениця	4,8-8,0	1,6-4,0	1,5-3,3	0,76	0,47	54
Жито	5,0-10,0	1,4-3,6	1,2-3,5	0,73	0,49	38
Овес	8,0-18,6	1,4-4,0	1,0-4,0	0,45	0,51	68
Ячмінь	7,0-14,6	2,0-5,0	1,2-4,5	0,64	0,51	47,4
Рис	5,0-7,0	2,5-2,8	2,0-2,5	0,52	0,51	49-56
Гречка	4,2-6,2	2,8-3,7	2,4-3,4	0,72	0,52	55,5
Кукурудза	5,5-13,5	5,0-11,5	2,5-8,0	0,73	0,53	35-55
Горох	4,0-8,8	1,0-9,0	3,0-9,0	0,83	0,55	-
Просо	1,8-3,2	1,5-2,0	1,5-1,7	0,85	0,52	30-50

Як бачимо розміри зерен різних культур коливаються в досить широких межах, в середньому в межах від 1 мм до 8 мм, але для окремих культур може сягати і 13-18 мм.

Оскільки розміри і форма для зерен різних культур відрізняються, то також будуть відрізнятися і параметри отвору бункера дозатора для забезпечення певної необхідної швидкості витікання через нього сипкого матеріалу окремої культури, або ж їх суміші.

3.2. Дослідження коефіцієнта тертя ковзання зерен пшениці

Для дослідження коефіцієнта зовнішнього тертя були виготовлені взірці, які представляють собою дерев'яні дощечки розміром 70x70 мм з розміщеними на них зернинами озимої пшениці трьох сортів – Смуглянка, Зимоярка та Золотоколоса.

Кут тертя - це такий граничний, найменший кут нахилу поверхні, при якому починається рух одного тіла вздовж даної поверхні іншого без дії на нього зовнішньої активної сили.

Коефіцієнт тертя досліджували за відомою методикою на приладі, запропонованому В.О. Желіговським (рис. 3.1). Визначали напрям рівнодійної R від сили тертя F_T і нормальної реакції N , що дозволяє за допомогою побудови силового трикутника знайти кут φ_3 і коефіцієнт тертя f [15].

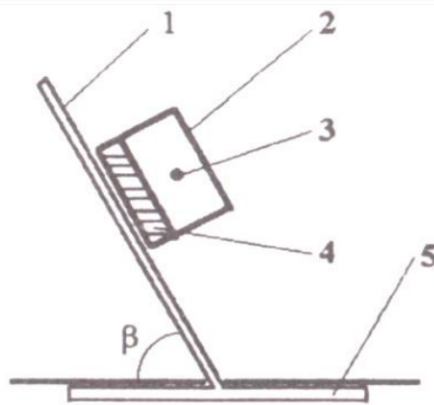
На лінійці 1 цього приладу закріплюється досліджувана поверхня, наприклад, сталева пластина, а взірець з наклеєним зерном встановлюється на каретці 2 (рис. 3.1, а). Довільно вибирається і фіксується кут β нахилу лінійки 1 (див. рис. 3.1) таким чином, щоб під час руху каретка 2 ковзала вздовж лінійки 1 з досліджуваним матеріалом. Ковзання каретки відбувається за умови

$$\beta = \pi/2 - \varphi_3. \quad (3.1)$$

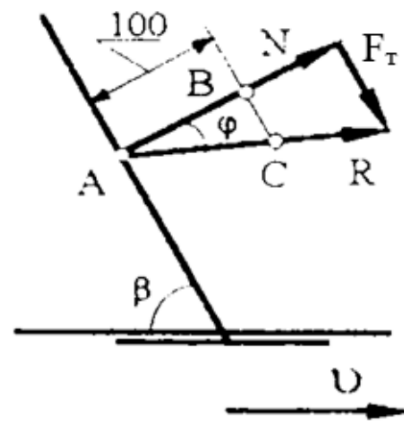
Привівши в дію прилад, олівець самописця каретки нарисує лінію рівнодійної сили R , яка відхиляється від нормалі до лінійки на кут тертя φ_3 (див. рис.3.1).



a)



б)



в)

Рисунок 3.1 – Прилад В.О. Желіговського:

a – загальний вигляд; *б* – схема приладу; *в*) – схема сил:

1 – лінійка; 2 – каретка; 3 – самописець;

4 – вірець з наклеєним зерном; 5 – напрямна колодка

Провівши з точки *A* до лінії ковзання нормаль, на якій для зручності обчислень відклали відрізок *AB*, рівний 100 мм, з точки *B* проводили до *AB* перпендикуляр *BC*, що пропорційний силі тертя. За побудовою трикутник *ABC* подібний силовому трикутнику *ANR*.

Коефіцієнт тертя f визначається зі співвідношення

$$f = \frac{BC}{100} = \operatorname{tg}\varphi_3. \quad (3.2)$$

3.3. Вплив матеріалу поверхні ковзання та сортових відмінностей зерна пшениці на коефіцієнт тертя ковзання

Встановлено, що коефіцієнт тертя ковзання є випадковою величиною, й отримано розподіли цієї випадкової величини для зерен пшениці сортів Смуглянка, Зимоярка і Золотоколоса за різної відносної вологості ψ в разі взаємодії зерен зі сталевією та алюмінієвою поверхням.

Визначено також параметри розподілу отриманих значень коефіцієнта тертя ковзання зерна пшениці по сталевій та алюмінієвій поверхнях, а саме: математичне сподівання M_f , середнє квадратичне відхилення σ_f та коефіцієнт варіації ν_f .

Перевірка отриманих результатів за критерієм Вілкоксона показала, що різниця значень коефіцієнтів тертя ковзання для різних сортів зерна пшениці по сталевій поверхні є статистично значущою, по алюмінієвій поверхні – статистичної різниці для досліджуваних сортів пшениці не виявлено (рис. 3.2).

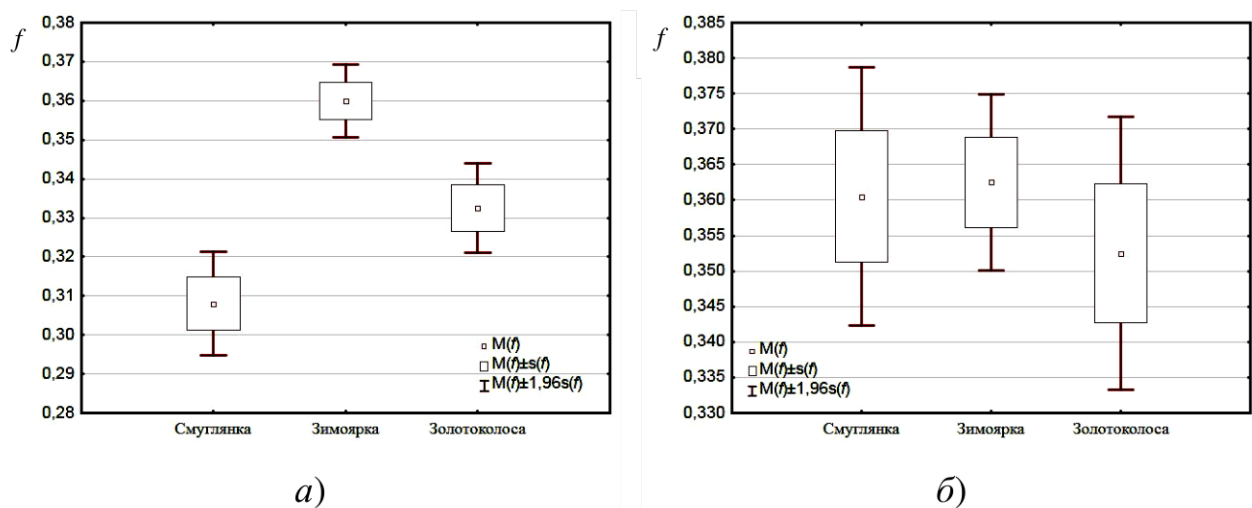


Рисунок 3.2 – Результати перевірки за критерієм Вілкоксона вибірок значень коефіцієнта тертя ковзання зерна пшениці сортів Смуглянка, Зимоярка і Золотоколоса по сталевій та алюмінієвій поверхнях:

а – статистично значуща різниця (сталь);

б – статистично незначуща різниця (алюміній)

А також під час перевірки за критерієм Вілкоксона зміна поверхні ковзання виявилась статистично значущою для двох сортів пшениці Смуглянка та Золотоколоса, тоді як для пшениці сорту Зимоярка ця різниця незначуща.

3.4 Вплив шорсткості сталевих поверхонь на коефіцієнт тертя ковзання

За результатами експерименту отримано розподіли коефіцієнта тертя ковзання для зерна пшениці сорту Смуглянка за відносної вологості $\psi=14,4\%$ та для різних значень шорсткості Ra сталевих поверхонь. Для фрезерованих сталевих поверхонь їх шорсткість коливається від $Ra = 10\text{--}12,5$ мкм для чорнового оброблення до $Ra = 1,25$ мкм для чистового.

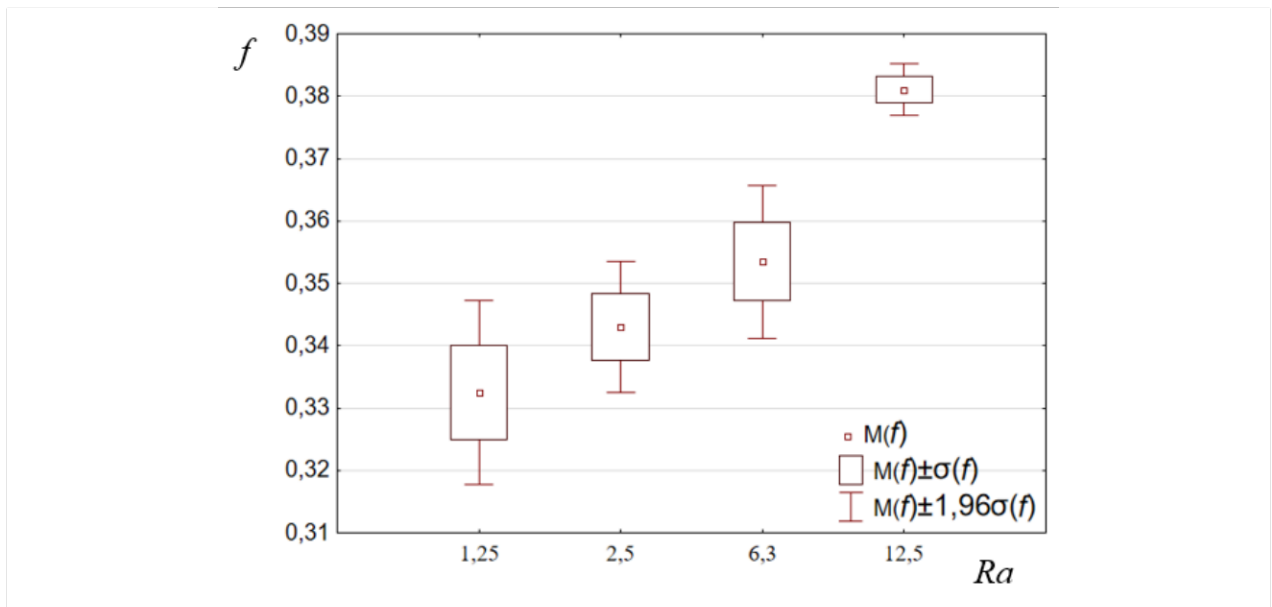


Рисунок 3.3 – Результати перевірки за критерієм Вілкоксона вибірок значень коефіцієнта тертя ковзання зерна пшениці сорту Смуглянка за відносної вологості $\psi=14,4\%$ та для різних значень шорсткості Ra сталевих поверхонь

Перевірка отриманих результатів за критерієм Вілкоксона показала, що різниця значень коефіцієнтів тертя ковзання для пшениці сорту Смуглянка по

сталевих поверхнях з однаковою шорсткістю є статистично значущою для шорсткості поверхні $Ra = 12,5$ мкм порівняно з іншими досліджуваними поверхнями (рис. 3.3).

Проаналізувавши результати отримано залежність математичного сподівання $M[f]$ коефіцієнта тертя ковзання зерна пшениці сорту Смуглянка за відносної вологості $\psi=14,4$ % від шорсткості сталевих поверхонь Ra у вигляді

$$M_f = 0,3271 - 0,0043 \cdot Ra, \quad (3.3)$$

де Ra – шорсткість поверхні, мкм.

На рис. 3.4 видно, що для зерен пшениці за відносної вологості $\psi=14,4$ % значення M_f зі зростанням шорсткості від $Ra = 1,25$ мкм до $Ra = 12,5$ мкм лінійно зростає від 0,33 до 0,38.

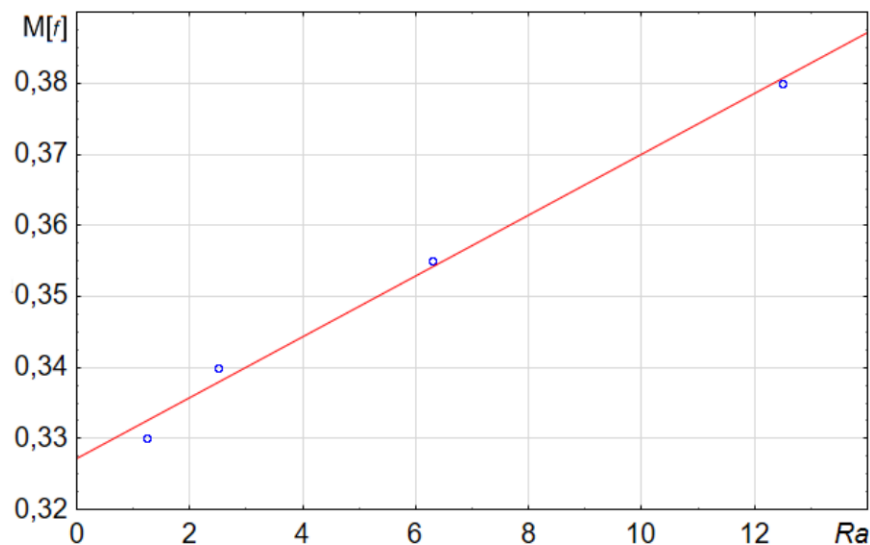


Рисунок 4.4 – Залежності математичного сподівання коефіцієнтів тертя ковзання M_f зерна пшениці за відносної вологості $\psi = 14,4$ % від шорсткості сталевих поверхонь

Суттєвий вплив на якісне дозування зерна має коефіцієнт тертя зерна, на значення якого впливає його відносна вологість рис. 4.5.

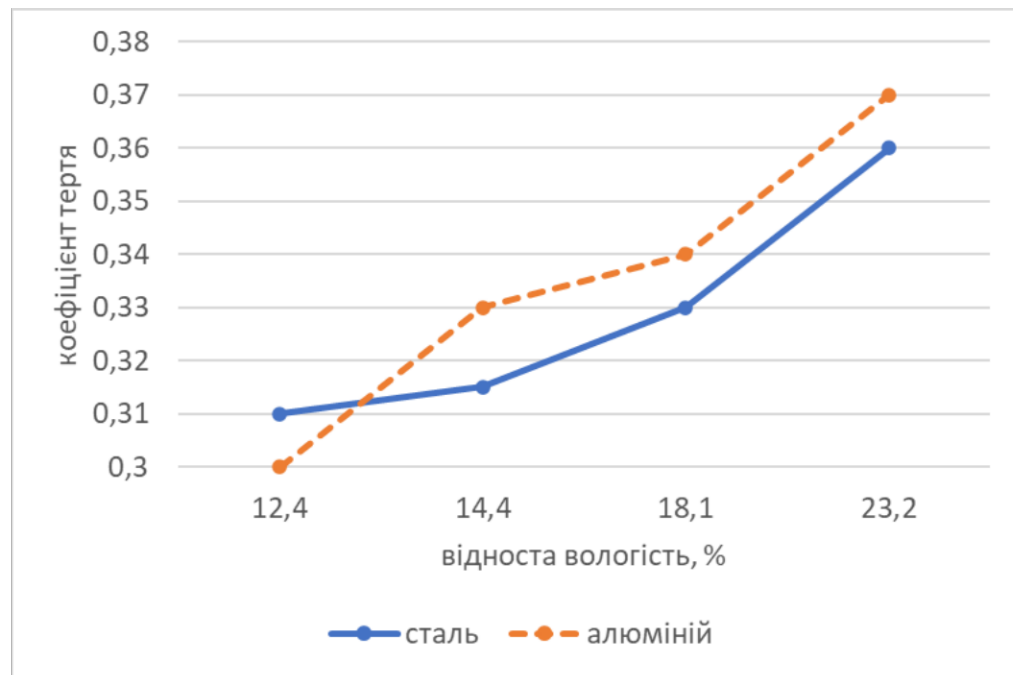


Рисунок 4.5 – Залежності коефіцієнта тертя ковзання зерна пшениці від його відносної вологості

Також досліджували зернини пшениці сорту Смуглянка для різних значень вологості від 12,4 до 23,2 %. В разі збільшення відносної вологості зерна коефіцієнт тертя ковзання як по сталі, так і по алюмінію поступово збільшується від 0,3 до 0,37.

3.5. Дослідження оптимальних параметрів дозатора

Як бачимо із попередніх досліджень максимальні значення коефіцієнта тертя ковзання для пшениці досягає значення 0,38. Перевівши його у кут тертя використавши наступну формулу:

$$\theta = \arctan(\mu) = \arctan(0,38) = 19,07^\circ$$

Кут внутрішнього тертя для зерна пшениці коливається в межах 0,47, відповідно кут тертя становить 24,1°. Отже для того, щоб зерновий матеріал не застоювався і безперешкодно проходив через дозатор кут нахилу його бокових

стінок повинен бути більший від дослідженого – $24,1^\circ$. А для дозування також і інших зернових культур цей кут не повинен бути меншим за 30° .

Для забезпечення оптимальної роботи обладнання для переробки зернового матеріалу необхідно забезпечити безперебійну його подачу з постійною швидкістю витікання цього матеріалу. При недостатній подачі обладнання буде працювати неефективно, а коли подача буде зavelика, то обладнання буде працювати з перевантаженням та буде погіршуватися якість продукції.

Величина критичного розміру отвору для гравітаційного дозатора для зерна різних сортів відображена на рис. 4.5.



Рис. 4.5. Величина критичного розміру отвору для гравітаційного дозатора

Для критичного отвору визначено швидкість витікання сипкого матеріалу з гравітаційного бункерного дозатора визначено величину швидкості витікання цього матеріалу зображено на рис. 4.6.



Рис. 4.6. Величина швидкості витікання сипкого матеріалу

Для зерна пшениці також досліджено швидкість витікання з отвору бункера діаметром 40 мм для різних значень її відносної вологості від 10 до 35%.

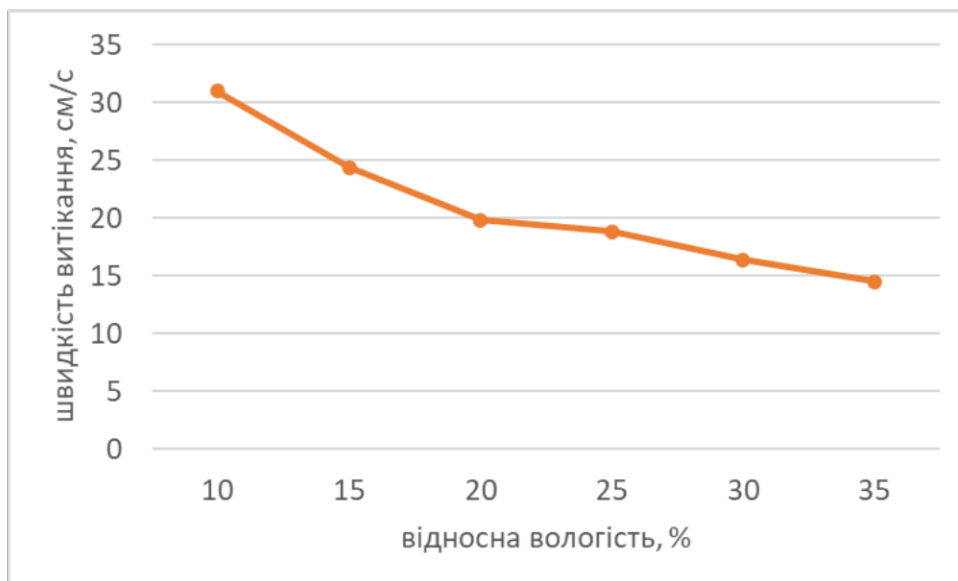


Рис. 4.7 Залежність швидкості витікання зерна пшениці від її відносної вологості.

Як бачимо, з рис. 4.7 – зі зростанням вологості зерна суттєво зменшується швидкість його витікання з бункерного дозатора гравітаційного типу. Тому для обробки зерна із більшою вологістю для забезпечення стабільної швидкості витікання необхідно збільшувати діаметр отвору.

Також досліджено зміну масової продуктивності бункерного дозатора гравітаційного типу в залежності від радіуса його отвору для зерна пшениці рис. 4.8.

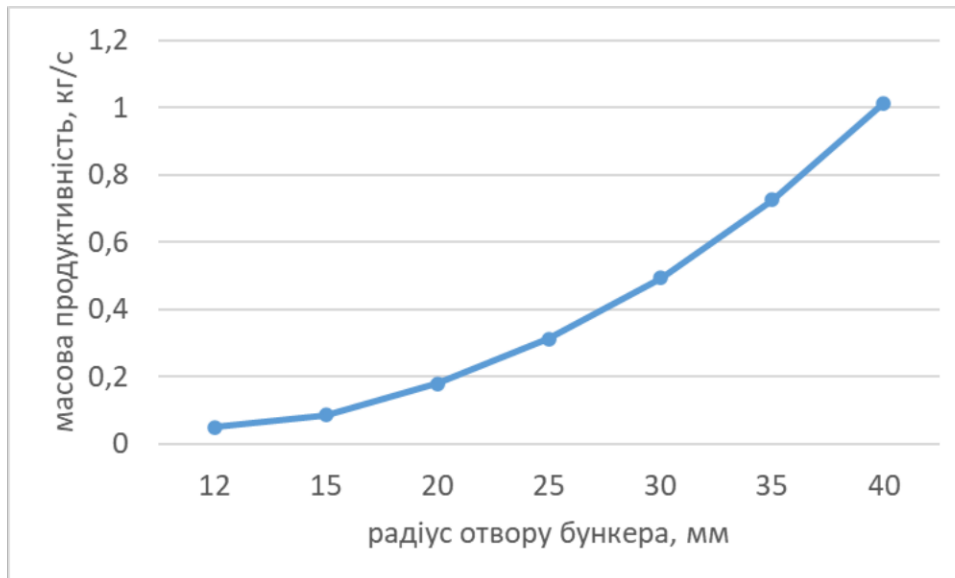


Рис. 4.8. Залежність масової продуктивності дозатора від радіуса його отвору.

Отже для забезпечення роботи обладнання з певною необхідною продуктивністю необхідно відрегулювати розмір отвору бункерного дозатора так, щоб його масова продуктивність відповідала продуктивності переробного обладнання. Продуктивність дозатора повинна прямувати до продуктивності іншого обладнання але не перевищувати його.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.

Загальні вимоги до здійснення технологічних процесів

1. Щоб уникнути загоряння зерно перед сушкою потрібно очищувати на зерноочисних машинах:

- в прямоточних і рециркуляційних шахтних сушарках (без додаткових пристроїв для нагрівання зерна) – від грубих і легких домішок;
- у рециркуляційних сушарках з нагрівом зерна у камерах з падаючим потоком – від грубих домішок

Температуру сушіння та максимальну температуру нагрівання зерна необхідно регулярно контролювати на вході до зони сушіння прямо точних сушарок, камери нагрівання і до шахти рециркулярних сушарок.

2. Під час дистанційного автоматизованого керування обладнанням необхідно подавати попереджувальний сигнал за 15–20 сек. до його пуску. Не допускається дистанційне автоматизоване керування машинами та механізмами у разі відмови в роботі попереджувальної сигналізації

3. На підприємствах, що експлуатують залізобетонні силоси, крім загальної сигналізації, усі поверхи підприємства та приміщення диспетчера забезпечуються гучномовним зв'язком, виготовленим з вибухопожежобезпечного матеріалу.

Допускається не встановлювати гучномовний зв'язок, якщо працівники забезпечені засобами бездротового зв'язку (раціями, мобільними телефонами).

4.1. Вимоги безпеки до виконання робіт у силосах і бункерах

У силосах і бункерах необхідно забезпечити зберігання зерна так, щоб запобігти його втратам та зниженню якості продукту. Спосіб зберігання зерна залежить від його фізичних і фізіологічних властивостей, а також визначається типом установок для активного вентилявання (каналний, підлоговий,

переносний та ін.). Вимоги безпеки до виконання робіт у силосах і бункерах визначено наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Основні вимоги безпеки під час виконання робіт у силосах і бункерах

№ з/п	Об'єкт	Основні вимоги
1	Силоси та бункери для зерна, борошна, круп, комбікормів, висівок	<p>Силоси та бункери:</p> <ul style="list-style-type: none"> - закривають суцільним перекриттям з облаштуванням у них завантажувальних і лазових люків незалежно від місця їх розташування; - обладнують пристроями, що забезпечують повне висипання продукту. <p>Силоси для зерна діаметром понад 12 м облаштовують плоским дном із механізованим підгортанням зерна (колісні ковшові навантажувачі фронтального типу, шнекові навантажувачі тощо).</p>
2	Внутрішні поверхні стін залізобетонних силосів, бункерів, складів-куполів, їхні днища	<p>Внутрішні поверхні стін залізобетонних силосів, бункерів, складів-куполів, їхні днища</p> <p>Внутрішні поверхні стін повинні бути гладкими (без виступів, впадин тощо) та забезпечувати повний вихід із них продукту. Обробка внутрішньої поверхні силосів повинна сприяти кращому витіканню сипучого матеріалу. Залишки зернопродукту допускаються під час</p>

		експлуатації металевих силосів та складів-куполів. Для обробки внутрішньої поверхні силосів, а також випускних конусів необхідно застосовувати розчини, на які є висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи
3	Завантажувальні та лазові люки	<p>Люки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повинні бути із запобіжними ґратами, які щільно зачиняються та замикаються на замок. - повинні зачинятися кришками на рівні підлоги, а вивантажувальні лійки металевих силосів – ґратами на рівні підлоги. <p>Ґрати люків мають кріпитися на петлях чи болтах та мати пристрій для замикання. За можливості лазові люки прямокутного розрізу розміром не менше ніж 0,47×0,65 м розміщують у центрі залізобетонного силосу. Заборонено заглиблювати ґрати люків залізобетонних силосів більше ніж на 0,06–0,6 м від поверхні підлоги приміщення</p>
4	Аспіраційне обладнання	Усі залізобетонні силоси і бункери повинні обладнуватися аспіраційним обладнанням та іншими пристроями так, щоб запилене повітря, яке витісняється під час заповнення силосів і бункерів зерном (готовою продукцією, відходами), не

		<p>надходило до приміщень, де перебувають люди</p> <p>Аспіраційне обладнання та оперативну ємність для збору і зберігання пилу допускається об'єднувати в одну аспіраційну установку з технологічним і транспортним обладнанням не інакше, як через шлюзові затори або через вибухозахисні клапани. Оперативні ємності для збору і зберігання пилу слід аспірувати окремою установкою, їх об'єднання допускається лише з обладнанням, в якому відсутні обертові деталі (насіпні лотки, поворотні труби тощо)</p>
5	Перевірка температури продуктів, що зберігаються в силосах і бункерах	<p>Здійснюється стаціонарними або переносними установками (у випадках зберігання на підлозі) Заборонено опускатися у силоси та бункери працівникам заборонено (крім виняткових випадків)</p>
6	Металеві силоси	<p>Завантаження зернопродуктами здійснюється тільки через центральний отвір (завантажувальний патрубок), встановлений у верхній частині даху.</p> <p>Заборонено:</p> <ul style="list-style-type: none"> - зантажувати через боковий отвір у даху (наглядний люк);

		<ul style="list-style-type: none"> - завантажувати та експлуатувати з воротами без повного комплекту замкових затворів; - одночасно проводити операції із: <ul style="list-style-type: none"> ○ із завантаження зерна в металевий силос і його вивантаження з ємності; ○ із завантаження-вивантаження та аерації; - завантажувати зерно вище верхнього рівня (верхнього кільця) завантаження силосу. <p>Вивантаження продукту із металевого силосу здійснюється самопливом через центральну вивантажувальну лійку</p> <p>Заборонено відкривати засувки системи проміжного та бокового вивантаження силосу, поки під дією власної ваги зерно не вивантажиться із силосу через центральну вивантажувальну лійку</p>
--	--	---

У виняткових випадках за виробничої потреби працівники можуть спускатися у силоси та бункери.

4.2. Основні вимоги безпеки під час виконання робіт у складах

Переважає більшість процесів, що виконуються у складах, де насипом зберігається зерно, мають бути механізовані та виконуватися згідно із затвердженим технологічним процесом. Основні вимоги до виконання робіт у складських приміщеннях із зерном наведено у табл. 4.2

Таблиця 4.2

Основні вимоги до виконання робіт у складських приміщеннях

Роботи	Вимоги
Відбір проб зерна зі складу (бурту, трюму)	<p>Роботи повинні виконувати не менше ніж два працівники. У разі відбору проб зерна зі складу трюму плавзасобу, кузова вантажного автомобіля, з яких (на які) не відбувається вивантаження (завантаження) зерна, допускається виконання робіт одним працівником.</p> <p>Важливо! При цьому здійснюються заходи, що унеможливають пуск технологічного обладнання (транспортерів, норій) у роботу</p>
Зберігання зерна на складах із похилою підлогою	<p>Зберігання чергової партії зерна допускається тільки після зачистки днищ від зерна, змітання і видалення пилу.</p> <p>Заборонено завантаження чи вивантаження зерна під час зачищення днищ</p>
Переміщення насипу продуктів до транспортерної стрічки (випукного пристрою)	<p>Роботи необхідно здійснювати за допомогою машин, при цьому:</p> <ul style="list-style-type: none"> - працівники повинні перебувати на вільному місці поза майданчиком з насипом;

	<p>- розбирати спресовані похилі насипи потрібно поступово знизу вгору спеціальним пристосуванням (совками, заступами, інструментами з довгими держаками)</p>
--	---

4.3. Вимоги до безпечної експлуатації виробничого устаткування

Виробниче устаткування, призначене для очищення, сушки, переробки та транспортування зерна потрібно експлуатувати з дотриманням законодавчо встановлених вимог безпеки.

Елементи конструкцій устаткування мають бути без гострих кутів, задирок, незачищеної поверхні, оскільки це все є безпосередньою загрозою травмування працівників.

Стаціонарне устаткування необхідно встановлювати так, щоб залишалися вільні проходи для його обслуговування та ремонту. Тому заборонено встановлювати групами розсів, сепаратори, оббивальні та мийні машини, а також інше устаткування, що потребують доступу для обслуговування з усіх боків.

Зважаючи на це, розглянемо вимоги безпеки до експлуатації:

- зерноочисного устаткування;
- зерносушарки;
- устаткування для виробництва круп;
- устаткування для виробництва комбікормів

Щоб підготувати зерно для зберігання та використання, його необхідно очистити від домішок на зерноочисних машинах. Оскільки під час збирання зернових культур у бункер комбайна разом із зерном потрапляють залишки рослин (листя, стебла, насіння бур'янів), мінеральні домішки (грудочки землі,

пісок, комахи). Тому очистка зерна на елеваторах, млинах є обов'язковим етапом у технологічному процесі подальшої його переробки.

4.4 Розрахунок захисного заземлення

1. Визначимо розрахунковий опір ґрунту з урахуванням сезонних змін:

$$\rho_{\epsilon} = \rho_{\epsilon p} \cdot k_{\epsilon \epsilon}, \quad (4.1)$$

де $\rho_{\epsilon p}$ – питомий опір ґрунту, $\rho_{\epsilon p} = 80 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

$k_{\epsilon \epsilon}$ – коефіцієнт сезону, $k_{\epsilon \epsilon} = 1,8$;

$$\rho_{\epsilon} = 80 \cdot 1,8 = 144 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

2. Визначимо опір одиничного вертикального електрода

$$R_{\epsilon} = 0,366 \cdot \rho_{\epsilon} / L \cdot [\lg(2L/d) + 0,5 \lg((4S + L) / (4S - L))], \quad (5.2)$$

де S – відстань від денної поверхні до середини вертикально розташованого електрода, м:

$$S = t_0 + 0,5 L, \quad (5.2)$$

t_0 – заглиблення електродів $t_0 = 0,95 \text{ м}$;

L – довжина вертикальних заземлювачів $L = 2,5 \text{ м}$;

d – діаметр вертикальних електродів $d = 11 \text{ мм} = 0,011 \text{ м}$;

$$S = 0,95 + 0,5 \cdot 2,5 = 2,2 \text{ м},$$

$$R_{\epsilon} = 0,366 \cdot 144 / 2,5 \cdot [\lg(2 \cdot 2,5 / 0,011) + 0,5 \lg((4 \cdot 2,2 + 2,5) / (4 \cdot 2,2 - 2,5))] = 63 \text{ Ом}.$$

3. Визначимо приблизну кількість електродів n_0 , приймаючи коефіцієнт використання вертикальних електродів $\eta_{\epsilon} = 1$ і припустимий опір заземлюючого обладнання $R_{\text{д}} = 4 \text{ Ом}$:

$$n_0 = R_{\epsilon} / (\eta_{\epsilon} \cdot R_{\text{д}}), \quad (5.3)$$

$$n_0 = 63 / 1 \cdot 4 = 15,75 \approx 16,$$

По n_0 уточнюємо $\eta_{\epsilon l} = 0,63$ і визначаємо n_1 :

$$n_1 = R_{\epsilon} / (\eta_{\epsilon l} \cdot R_{\text{д}}), \quad (5.4)$$

$$n_1 = 63 / 0,63 \cdot 4 = 25,$$

Приймаємо $n = 25$.

Довжина горизонтальної з'єднувальної смуги при розташуванні електродів визначається за формулою:

$$L_{\Gamma} = 1,05 \cdot a \cdot n, \quad (5.5)$$

де a – відстань між стержнями заземлювача, $a = 5$ м;

$$L_{\Gamma} = 1,05 \cdot 5 \cdot 25 = 131,25 \text{ м.}$$

Визначаємо опір горизонтальної смуги:

$$R_{\Gamma} = (0,366 \cdot \rho_{\Gamma} / L_{\Gamma}) \cdot 0,5 \lg(2 \cdot L_{\Gamma} / (b \cdot t_0)), \quad (5.6)$$

де ρ_{Γ} – розрахований опір для горизонтальної смуги:

$$\rho_{\Gamma} = \rho_{\text{гр}} \cdot k_{\text{сг}}; \quad (5.7)$$

$k_{\text{сг}}$ – коефіцієнт клімату для горизонтальної смуги $k_{\text{сг}} = 4,5$;

b – ширина горизонтальної смуги $b = 0,08$ м;

$$\rho_{\Gamma} = 80 \cdot 4,5 = 360 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$R_{\Gamma} = (0,366 \cdot 360 / 131,25) \cdot 0,5 \lg(2 \cdot 131,25 / (0,08 \cdot 0,95)) = 2,83 \text{ Ом.}$$

Визначаємо сумарний опір контуру заземлення:

$$R = (R_{\text{в}} \cdot R_{\Gamma}) / (R_{\text{в}} \cdot \eta_{\Gamma} + n \cdot R_{\Gamma} \cdot \eta_{\text{в}}), \quad (5.8)$$

де η_{Γ} – коефіцієнт використання горизонтальної смуги $\eta_{\Gamma} = 0,32$:

$$R = (63 \cdot 2,83) / (63 \cdot 0,32 + 25 \cdot 2,83 \cdot 0,63) = 2,75 \text{ Ом.}$$

В результаті розрахунку контуру заземлення із наступними параметрами: питомий опір ґрунту $\rho_{\text{гр}} = 80$ Ом·м; заглиблення електродів $t_0 = 0,95$ м; довжина вертикальних заземлювачів $L = 2,5$ м; діаметр вертикальних електродів $d = 0,011$ м; відстань між стержнями заземлювача, $a = 5$ м; ширина горизонтальної смуги $b = 0,08$ м отримуємо: кількість електродів $n = 25$; довжина горизонтальної з'єднувальної смуги $L_{\Gamma} = 131,25$ м; опір одиничного вертикального електрода $R_{\text{в}} = 63$ Ом; опір горизонтальної смуги $R_{\Gamma} = 2,83$ Ом; сумарний опір контуру заземлення $R = 2,75$ Ом.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Бункерний дозатор має відносно малу собівартість його виготовлення, а величина його об'єму залежить від необхідної тривалості періодичності роботи обладнання, що працює в парі з цим бункерним дозатором. За потреби збільшення часу безперервної роботи такий дозатор може бути обладнаний живильником, що наповнюватиме його в ручному або автоматичному режимі. Також для його роботи не потрібні додаткові витрати електроенергії як у стрічкових, шнекових або інших типах дозаторів для яких необхідно живити електродвигуни, що будуть приводити в рух робочі органи.

Економічна ефективність розрахована для прикладу ефективного використання бункерного дозатора в процесі приготування кормів у фермі на 100 голів ВРХ. Оскільки для 1 корови необхідно 5,6 кг/добу комбікормів, то на 1 рік необхідно:

$$100 \text{ голів} * 5,6 \text{ кг/добу} * 365 \text{ днів} = 204400 \text{ кг} = 204,4 \text{ т комбікормів.}$$

Якщо прийняти що продуктивність обладнання для приготування кормів має продуктивність 2 т/год, то загальний час його роботи складе:

$$204,4 \text{ т} / 2 \text{ т/год} = 102,2 \text{ год.}$$

У випадку використання для приготування кормів молоткової дробарки для продуктивності 2 т/год вона споживатиме близько 11 кВт.

Для забезпечення заданої продуктивності у 2 т/год відповідно до даних із 3 розділу діаметр отвору бункерного дозатора має становити 63 мм або площа 31 см² для отвору прямокутної форми.

Для технічного обслуговування дробарки і дозатора необхідна 1 людина, що продовж року працюватиме 102 год.

Затрати на оплату праці працівникові зайнятому обслуговуванням обладнання можна визначити за формулою:

$$Z_o = n \cdot f \cdot \delta \cdot D \quad (5.1)$$

де $n = 1$ – кількість працівників, люд.

f – годинна тарифна ставка одного працівника, грн/год., (40,46 грн)

$\delta = 1,3$ – коефіцієнт нарахування на заробітну плату;

D – тривалість виконання певних робіт з обладнанням протягом періоду відгодівлі, год.

$$Z_o = 1 \cdot 40,46 \cdot 1,3 \cdot 102,2 = 5\,375,5 \text{ грн.}$$

Витрати електроенергії для роботи обладнання визначимо за формулою:

$$Z_e = N \cdot n \cdot D \cdot C$$

де N – потужність, що споживається, кВт;

$n = 1$ – кількість обладнання, шт.;

D – тривалість роботи обладнання протягом року;

C – ціна 1 кВт чат електроенергії, грн., $C = 2,64$ грн/кВт.

$$Z_e = 11 \cdot 1 \cdot 102,2 \cdot 2,64 = 2\,968 \text{ грн.}$$

Отже загальні затрати складуть 8 343,5 грн.

У випадку встановлення площі отвору бункерного дозатора 30 см², це на 3,3% менше від необхідного – продуктивність становитиме 1,914 т/год. В такому випадку час роботи обладнання складе 106,8 год, що на 4,6 год більше.

В свою чергу зростуть і затрати на обслуговування, а саме $Z_o = 5617,5$ грн., і $Z_e = 3101,6$ грн. Загальні затрати складуть 8719,1 грн. Затрати зростуть на 375,6 грн або 4,5 % від попередньої вартості.

Також зі збільшенням часу роботи обладнання будуть зростати і спрацювання до виникнення відмови та збільшення витрат на технічне обслуговування.

Як бачимо при незначному неточному налаштуванні роботи бункерного дозатора збільшується як час загальної роботи обладнання так затрати на його обслуговування. Тому потрібно враховувати фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу та налаштовувати продуктивність бункерного дозатора відповідного того обладнання в парі з яким він використовується для забезпечення оптимальних параметрів якості продукції та мінімізації затрат.

Висновки і пропозиції.

1. Процес дозування сипких матеріалів є механічний процес, якість якого залежить, в основному, від двох факторів: заповнення робочого органу сипучим матеріалом і формування дози сипучого матеріалу в безперервний потік.
2. Сприятливі умови для надходження сипучого матеріалу до робочих органів дозатора забезпечуються будовою над дозаторного бункера і формою його випускного отвору.
3. Теоретичні дослідження, в основному, направлені на визначення продуктивності дозаторів.
4. Перспективним напрямком підвищення якості дозування сипких матеріалів є створення конструкцій дозаторів, для забезпечення безперебійної подачі матеріалу із бункера.
5. Зі зростанням вологості зерна суттєво зменшується швидкість його витікання з бункерного дозатора гравітаційного типу. Тому для обробки зерна із більшою вологістю для забезпечення стабільної швидкості витікання необхідно збільшувати діаметр отвору.
6. Для забезпечення роботи обладнання з певною необхідною продуктивністю необхідно відрегулювати розмір отвору бункерного дозатора так, щоб його масова продуктивність відповідала продуктивності переробного обладнання. Продуктивність дозатора повинна прямувати до продуктивності іншого обладнання але не перевищувати його.

Бібліографічний список.

1. Основи перспективних технологій виробництва продукції тваринництва/ [Г.М. Калетнік, М.Ф. Кулик, В.Ф. Петриченко, В.Д. Хорішко.] За ред.Г.М. Калетніка, М.Ф. Кулика, В.Ф. Петриченка. – Вінниця: «Енозіс», 2007. – 584 с.
2. ДСТУ 7693:2015. Комбікормова сировина. Загальні технічні умови. [Чинний від 2016-08-01]. Київ.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2016.
3. Ревенко І. І. Машина та обладнання для тваринництва: посібник-практикум. К. : Кондор, 2011. 396 с.
4. Царенко О. М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: підручник за ред. С. С. Яцуна. Київ: Мета, 2003. 448 с.
5. Бойко І.Г. Аналіз конструкції дозаторів сипучих кормів і основний напрямок їх удосконалення. / Бойко І.Г., Скорик О.П., Русальов О.М., Щур Т.Г. // Вісник ХНТУСГ, Вип. 29. – Харків, 2004. – С.347-350
6. Піщелка В. А. Стан та перспективи розвитку комбікормової галузі в Україні. *Ефективні корми та годівля*. 2006. № 3. С. 5–8.
7. Ревенко І.І. Результати експериментальних досліджень барабанного дозатора концентрованих кормів. / Ревенко І.І., Радчук В.В. // Науковий вісник Національного аграрного університету № 80 Ч1 Київ 2005. С
8. Математичне моделювання руху сипких матеріалів в змішувальних комплексах методом дискретних елементів : моногр. / Стаценко В. В., Бурмістенков О. П., Біла Т. Я., Ліщук В. І. Київ : КНУТД, 2021. 224 с.
9. Тертишний О.О., Опарін С.О., Рябік П.В. Механічні процеси в хімічній технології. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2015. – 215 с.
10. Технологія переробки сільськогосподарської продукції [Електронний ресурс] : [міжпредмет. тренінг для студ. спеціалізації «Економіка агропромислових формувань»] / Ф. В. Іваненко, А. Т. Соколовський. — К. : КНЕУ, 2014. — 268 с.

11. Подпратов Г.І., Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. – К. : Аграрна освіта, 2014. – 393 с.
12. Іваненко Ф. В., Сінченко В. М. І 18 Технологія зберігання та переробки сільськогосподарської продукції: Навч.-метод. посіб. для самот. вивч. дисц. — К.: КНЕУ, 2005. — 221 с.
13. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Олексюк В. П. Машина та обладнання для тваринництва: навчальний посібник. Частина перша. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
14. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна. НПАОП 15.0-1.01-17
15. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум /Ю. О. Манчинський М. В. Бакум, В.І. Пастухов О. М. Горбатовський, , В.П. Леонов, А. В. Сергєєва; В. Ю. Манчинський. За ред. професора Ю. О. Манчинського (видання друге, перероблене та доповнене). – Харків: ХНТУСГ, 2010. – 232 с.