

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра агроінженерії

**ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПРОЦЕСІВ ПСГП**

методичні рекомендації
для виконання самостійної роботи здобувачами першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208
«Агроінженерія» денної та заочної форм здобуття вищої освіти

Миколаїв
2026

УДК 631.171:633.1

П84

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від «19» лютого 2026 р., протокол № 5.

Укладачі:

О. А. Горбенко – канд. техн. наук, доцент кафедри агроінженерії. Миколаївський національний аграрний університет.

М. С. Храмов – асистент кафедри агроінженерії. Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

А. А. Карпеченко – канд. техн. наук, доцент кафедри матеріалознавства і технології металів. Національний університет кораблебудування ім. С.О. Макарова.

В. А. Грубань – канд. техн. наук, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та технічного сервісу. Миколаївський національний аграрний університет.

Зміст

Вступ.....	4
Самостійна робота № 1. Вивчення умовних позначень. Конструктивно-функціональні схеми технологічного обладнання.....	5
Самостійна робота № 2. Розрахунок основних параметрів просіювальних машин.....	15
Самостійна робота № 3. Визначення основних конструктивно- кінематичних параметрів чарункових сепараторів.....	21
Самостійна робота № 4. Визначення основних конструктивно- кінематичних параметрів магнітних сепараторів.....	28
Самостійна робота № 5. Визначення основних конструктивно- кінематичних параметрів оббивних машин.....	33
Самостійна робота № 6. Визначення основних конструктивно- кінематичних параметрів вальцьових верстатів та молоткових дробарок...	36
Самостійна робота № 7. Визначення основних конструктивно- кінематичних параметрів дозаторів.....	44
Перелік рекомендованої літератури.....	53

ВСТУП

Дисципліна «Проектування технологічних процесів переробки сільськогосподарської продукції» є однією з профільюючих при підготовці інженерів-механіків для виробничої, науково-дослідної та проектно-конструкторської діяльності.

Метою цієї дисципліни є підготовка інженерів-механіків зернозберігаючих та зернопереробних підприємств з глибокими знаннями особливостей конструкцій, принципів дії, теоретичних основ взаємодії робочих органів з продуктом, який обробляється, порядку настроювання та регулювання їх для досягнення високого технологічного ефекту обробки при мінімальних енерговитратах, витратах повітря, води та органічних відходах.

Засвоївши теоретичний матеріал, студент повинен знати технологічне призначення, області використання у технологічних лініях всіх видів технологічного обладнання; принцип дії, технологічні та експлуатаційно-технічні можливості технологічного обладнання; принципові основи дії /основи теорії/, конструктивно-технологічні рішення та техніко-економічні характеристики сучасного технологічного обладнання; основні напрямлення створення нових видів технологічного обладнання, його модернізації; умови, які забезпечують безпечну експлуатацію технологічного обладнання; вміння використовувати на практиці технологічне обладнання для вирішення технологічних задач, пов'язаних зі зберіганням та переробкою зерна без втрат у продовольчі та кормові продукти; налагоджувати технологічне обладнання та регулювати кінематичні, аеродинамічні, геометричні, навантажувальні та інші його параметри для забезпечення оптимальної ефективності дії технологічного обладнання.

Метою виконання самостійних робіт є вивчення особливостей розрахунку основних параметрів технологічного та транспортного обладнання.

Самостійна робота №1

Вивчення умовних позначень.





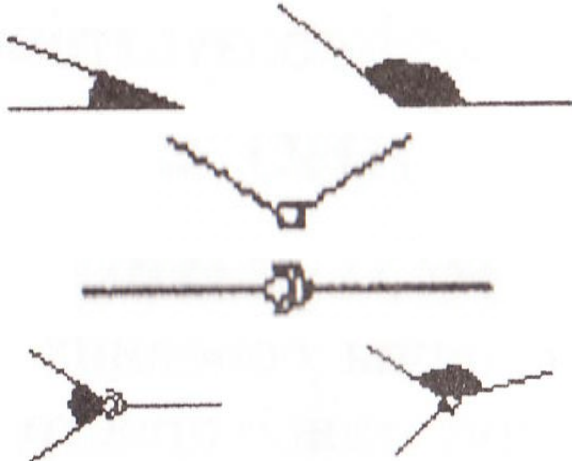
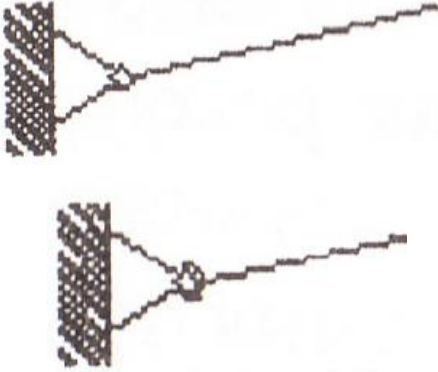
Конструктивно-функціональні схеми технологічного обладнання

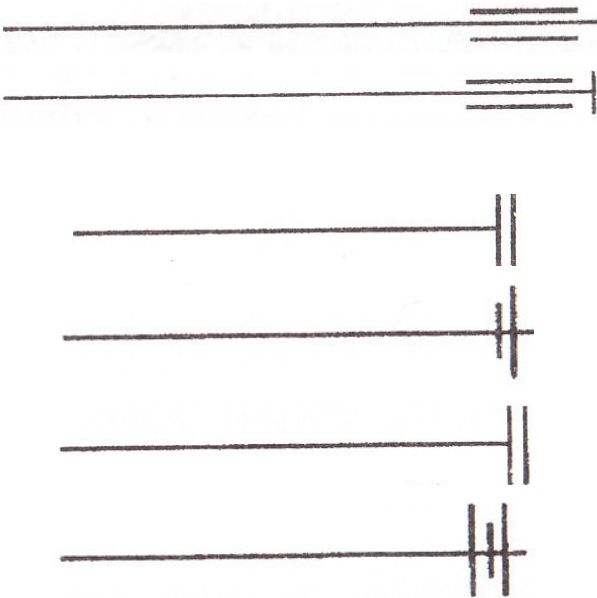
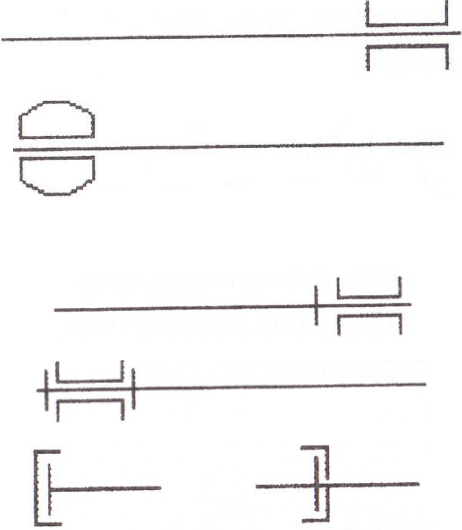
Мета роботи: вивчити позначення основних елементів машин згідно ГОСТ 2.770-68. Навчитися складати конструктивно-функціональні схеми машин.

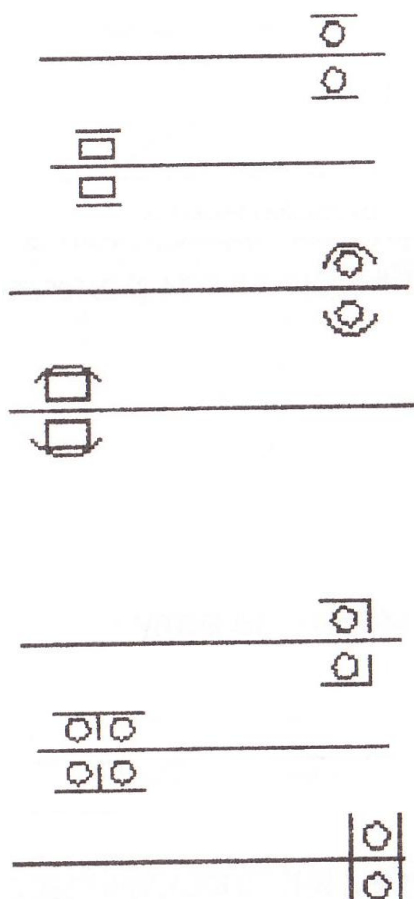
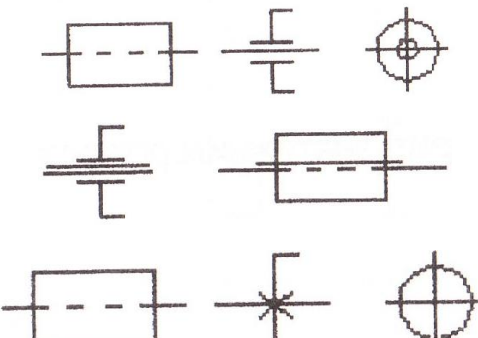

Загальні положення

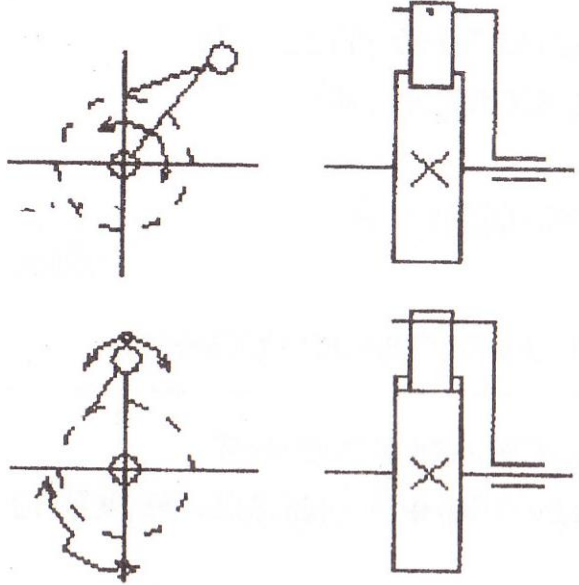
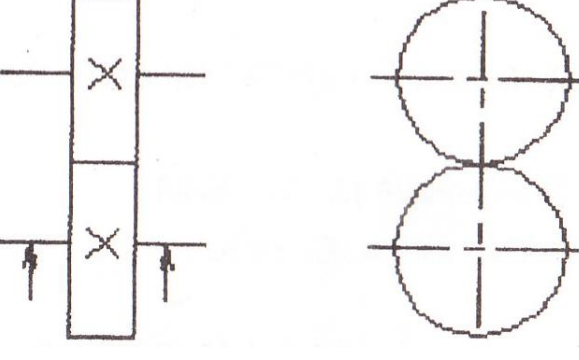
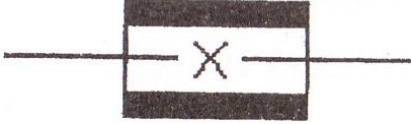
Перед складанням схем машин необхідно вивчити деталі та вузли технологічного обладнання зернопереробних підприємств, що найчастіше зустрічаються, згідно ГОСТ 2.770-68 (табл. 1). Потім необхідно скласти конструктивно-кінематичну схему, за-пропонованої викладачем машини, на якій слід привести цифрові позначення основних деталей, вузлів для використання їх в тексті при описі пристрою, принципу дії. На виконаній схемі необхідно показати шлях продуктів через всю робочу зону. В тих місцях машини, де утворюється проміжний продукт інших властивостей, слід використовувати інше позначення на шляху (в цих випадках рекомендується використовувати позначення, що відрізняються один від одного на стрілках або кольорове зображення траси. На схемі необхідно указати назви всіх проміжних та кінцевих продуктів, що надходять до машини, основні конструктивно-кінематичні характеристики робочого органу машини.

Елементи, що не входять до ГОСТ 2.770-68, допускається позначати довільно, пояснюючи їх на схемі, наприклад сито можна позначати жирно наведеною пунктирною лінією.

Найменування	Позначення
1. Вал, валок, вісь, стержень, шатун і т.п.	
2. Нерухоме закріплення вісі, стержня, пальця і т.п.	
3. Нерухома опора для стержня, що рухається зворотньо-поступально: ковзання	
4. Опора для стержня нерухома	
5. З'єднання стержнів: а) жорстке; б) шарнірне; в) шаровим шарніром; г) жорстке з шаровим з'єднанням третього стержня	
6. З'єднання стержня з нерухомою опорою: а) шарнірне з рухом у площині креслення; б) шаровим шарніром	

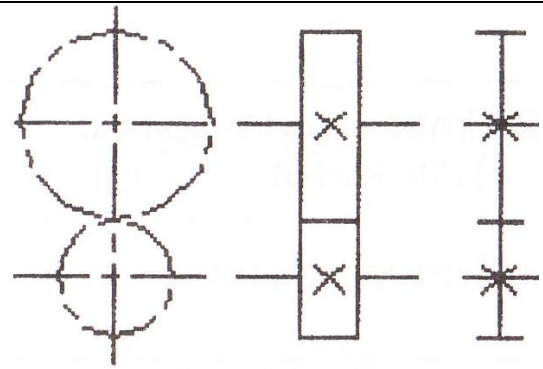
Найменування	Позначення
<p>7. Підшипники ковзання та кочення на валу /без уточнення типу/:</p> <p>а) радіальний;</p> <p>б) односторонній радіально-упорний;</p> <p>в) упорний:</p> <p>- односторонній;</p> <p>- двосторонній</p>	
<p>8. Підшипники ковзання:</p> <p>а) радіальний;</p> <p>б) радіальний самовстановлюючийся;</p> <p>в) радіально-упорний:</p> <p>- односторонній;</p> <p>- двосторонній;</p> <p>г) упорний односторонній</p>	

Найменування	Позначення
<p>9. Підшипники кочення:</p> <p>а) радіальний (загальне позначення);</p> <p>б) радіальний роликовий;</p> <p>в) радіальний самовстановлючийся;</p> <p>г) радіальний роликовий самовстановлючийся;</p> <p>д) радіально-упорні (загальне позначення):</p> <p>- односторонній;</p> <p>- двосторонній;</p> <p>е) упорний шариковий одинарний</p>	
<p>10. З'єднання деталі з валом:</p> <p>а) вільне при обертання;</p> <p>б) рухоме без обертання;</p> <p>в) глухе</p>	
<p>11. З'єднання двох валів:</p> <p>а) глухе;</p> <p>б) еластичне</p>	

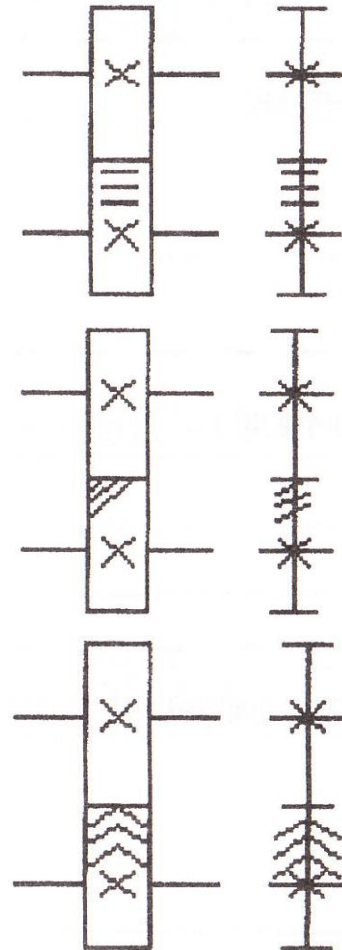
Найменування	Позначення
<p>12. Храпові зубчаті механізми з поверхневим зачепленням:</p> <p>а) односторонні;</p> <p>б) двосторонні</p>	
<p>13. Передачі фрикційні з циліндричними роликками</p>	
<p>14. Маховик на валу</p>	

18. Передачі зубчаті (циліндричні):

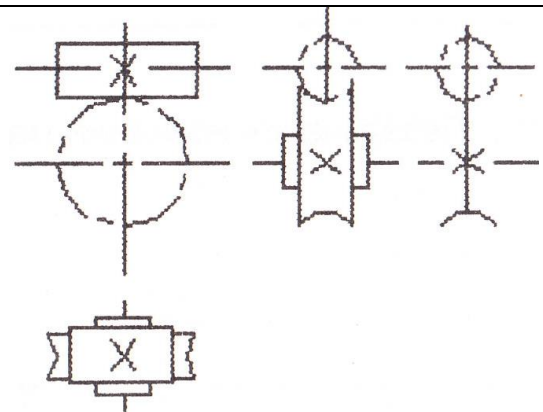
а) зовнішнє зачеплення (загальне позначення без уточнення типу зубів);



б) те саме з прямими, косими та шевронними зубцями

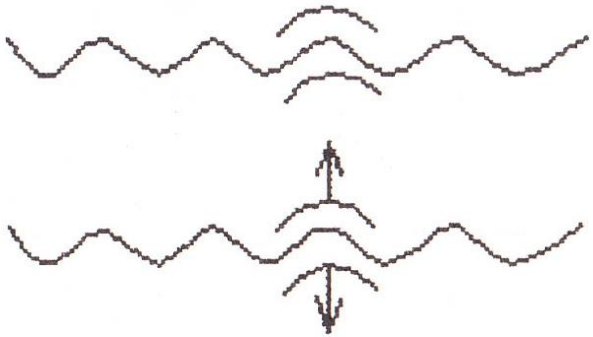
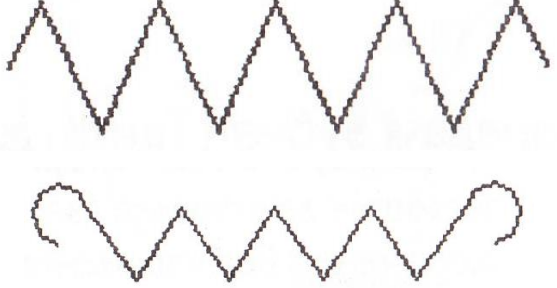

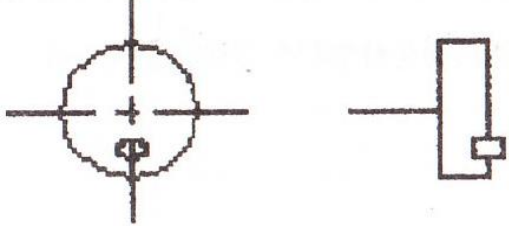
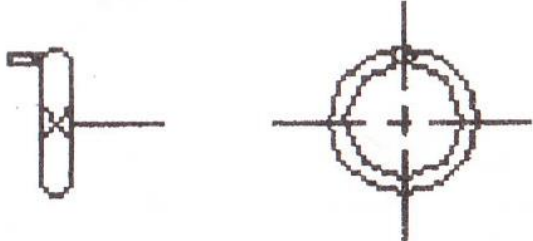



19. Передача з валами, що скрещуються: черв'ячна з циліндричним черв'яком



20. Гвинт, що передає рух



<p>21. Гайка на гвинті, що передає рух:</p> <p>а) нероз'ємна;</p> <p>б) роз'ємна</p>	
<p>22. Пружини циліндричні:</p> <p>а) стискання;</p> <p>б) розтягування</p>	
<p>23. Кінець вала під роз'ємну рукоятку</p>	
<p>24. Ексцентрик</p>	
<p>25. Маховик</p>	
<p>26. Електродвигун</p>	

Методика виконання роботи

Засвоїти позначення основних елементів машин згідно ГОСТ 2.770-

68;

Скласти та накреслити конструктивно-функціональну схему машини згідно обраного варіанту.

Варіант №	Марка машини
1	Луцильна машина ЗРД-2,5
2	Вальцьовий верстат А1-БЗН
3	Оббивальна машина РЗ-БГО
4	Скальператор А1-БЗО
5	Луцильна машина ЗМШ
6	Ентолейтор РЗ-БЕМ
7	Вимельна машина А1-БВГ
8	Луцильний постав
9	Оббивальна машина РЗ-БМО
10	Повітряний сепаратор РЗ-БАБ
11	Шліфувальна машина А1-БШМ-2,5
12	Молоткова дробарка ДДК
13	Віброцентрофугал РЗ-БЦА
14	Луцильно-шліфувальна машина АІ-ЗШН-З
15	Машина для вологого луцення А1-БМШ
16	Ентолейтор РЗ-БЕЗ
17	Жмихоломач А1-ДЖЛ
18	Дисковий трієр А9-УТО-6
19	Молоткова дробарка ДЦМ
20	Шліфувальна машина РС-125
21	Повітряно-ситовий сепаратор А1-БІС-100
22	Зволожуюча машина А1-БАЗ
23	Каменевідбірник РЗ-БКТ
24	Дисковий-трієр А9-УТК-6
25	Вальцьодекова луцильна машина СВУ-2

Запитання до самостійного виконання:

1. Яке призначення стандарту ГОСТ 2.770-68 під час складання конструктивно-функціональних схем машин зернопереробної галузі?
2. Які основні елементи машин найчастіше відображаються на схемах відповідно до ГОСТ 2.770-68?
3. У чому відмінність між позначеннями підшипників ковзання та кочення на конструктивно-функціональних схемах?
4. Яким чином на схемі слід відображати шлях руху продукту через робочу зону машини та місця утворення проміжних продуктів?
5. Які правила нумерації вузлів і деталей необхідно дотримуватися для подальшого опису будови і принципу дії машини?
6. Як допускається позначати елементи, що відсутні у ГОСТ 2.770-68, і які вимоги при цьому слід виконати?
7. Які конструктивно-кінематичні характеристики робочого органу обов'язково потрібно зазначати на схемі?

Самостіна робота №2

Розрахунок основних параметрів просіювальних машин

Мета роботи: засвоїти методику розрахунку ситових просіювальних машин.

Загальні положення

При підготовці сировини рослинного походження до основних технологічних операцій його калібрують, сортують або сепарують.

Просіювальні машини, що використовують в переробній промисловості, класифікують наступним чином:

- 1) за конструкцією ситової поверхні: плоскі або барабанні сита;
- 2) за способом отримання руху продуктів: з нерухомими ситами; із зворотно-поступальним, коловим поступальним та вібраційним рухом сит; з горизонтальною та вертикальною віссю обертання сита;
- 3) за конфігурацією ситової поверхні: циліндричні, конічні, призматичні та пірамідальні.

1. Розрахунок параметрів просіювальних машин з плоским нахилом сит, що коливаються вздовж горизонтальної (а) та похилої (б) прямих (при $\rho=a$).

1.1. Частота обертання кривошипного валу, що забезпечує початок ковзання продукту нагору по ситі, об/хв.

$$a) n_{kp}^{\beta} \geq 30 \sqrt{\frac{tg(\varphi + a)}{r}};$$

$$б) (n_{kp}^{\beta})' \geq 30 \sqrt{\frac{\sin(\varphi + a)}{r \cdot \cos \varphi}}.$$

1.2. Частота обертання кривошипного валу, що забезпечує початок ковзання продукту вниз по ситі, об/хв.

$$a) n_{kp}^H \geq 30 \sqrt{\frac{tg(\varphi - a)}{r}};$$

$$б) (n_{кр}^H)' \geq 30 \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \alpha)}{r \cdot \cos \varphi}}$$

1.3. Частота обертання кривошипного вала, що забезпечує початок підкидання продукту над ситом, об/хв.

$$а) n_{кр}^{nod} \geq \frac{30}{\sqrt{r \cdot \operatorname{tg} \alpha}}$$

де β - кут нахилу до горизонту лінії, вздовж якої рухається сито; φ - кут тертя продукту до поверхні сита; α - кут нахилу сита до горизонту; r - радіус кривошипа.

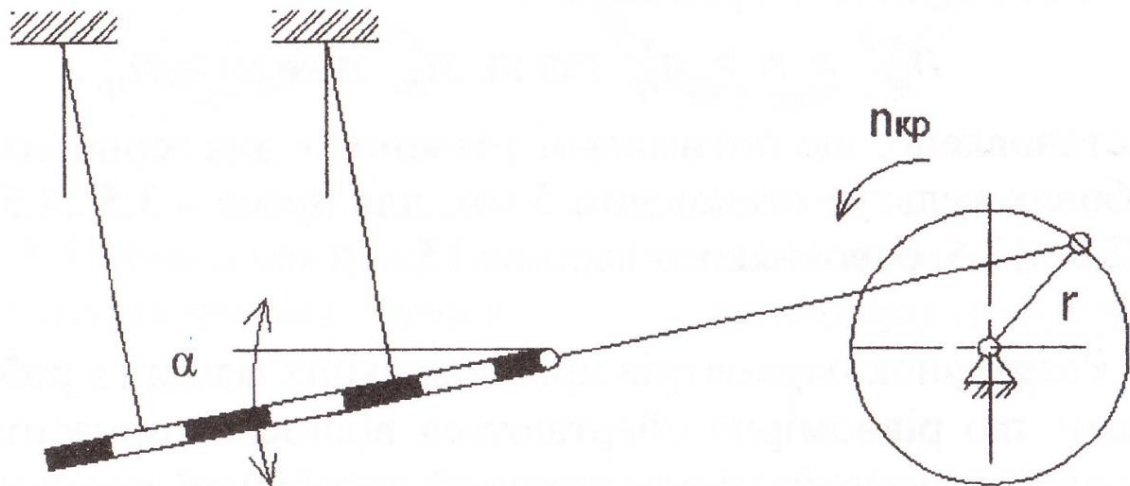


Рис. 2.1. Схема до розрахунку параметрів просіювальної машини з плоскими нахиленими ситами, які коливаються вздовж горизонтальної прямої ($\beta = 0$).

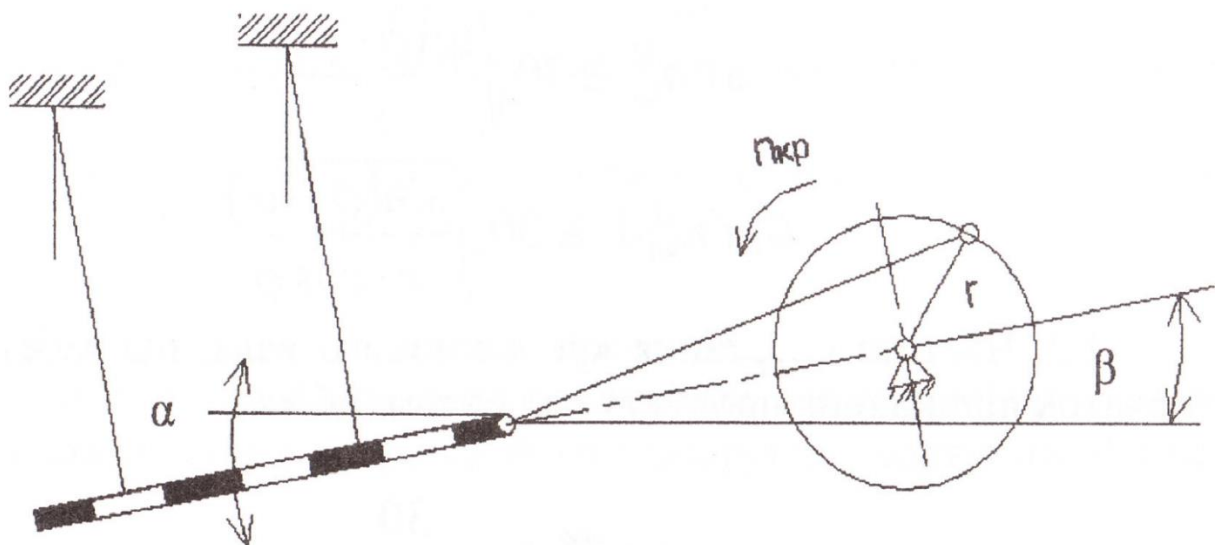


Рис. 2.2. Схема до розрахунку параметрів просіювальної машини з плоскими похилими ситами, які коливаються вздовж похилої прямої ($\beta =$ а).

Для просіювання необхідно, щоб зернова маса ковзала по сити вверху та донизу, не відриваючись від нього.

Дійсна частота обертання кривошипного валу повинна бути обмежена наступними границями:

$$n_{kp}^{pod} > n > n_{kp}^6 \text{ так як } n_{kp}^6 \text{ завжди } > n_{kp}^H.$$

Встановлено, що оптимальні значення r для зернових та зернобобових культур становлять 5 мм, для проса - 3,5...4,5, гречки - 12,0...12,5, бавовняного насіння 15...18 мм.

2. Розрахунок параметрів просіювальних машин з робочими органами, що рівномірно обертаються відносно горизонтальної чи похилої по вздовж горизонтальної чи похилої повздовжньої осі.

2.1. Частота обертання призматичного сита, що забезпечує початок ковзання продукту по ситовій поверхні, об/хв.

$$n_{kp}^{np} \leq 30 \sqrt{\frac{\sin a - f \cos a}{\frac{r}{f} + \operatorname{tg} \beta}},$$

де a - кут нахилу бокової грані до горизонту; f - коефіцієнт тертя продукту об поверхню сита; r - найкоротша відстань від внутрішньої поверхні до бокової грані сита і повздовж осі сепаратора; β - кут, який визначає положення частинки, що знаходиться на боковій грані сита.

2.2. Частота обертання циліндричного сита, що забезпечує початок ковзання продукту нагору по сити, об/хв.

$$a) n_{kp}^u \leq 30 \sqrt{\frac{1}{R \sin \varphi}},$$

де R - радіус внутрішньої поверхні циліндричного сита; φ - кут тертя продукту о поверхню сита.

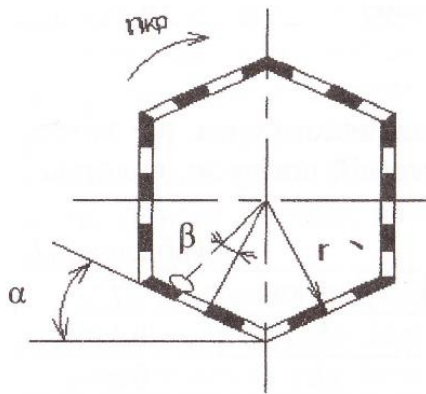


Рис. 2.3. Схема до розрахунку параметрів призматичного сита

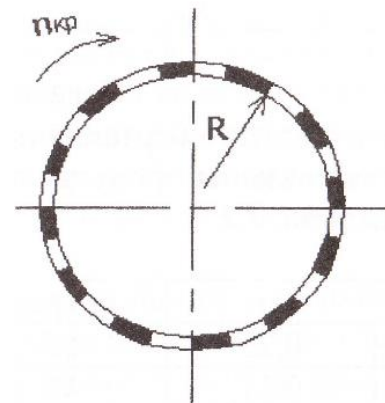


Рис. 2.4. Схема до розрахунку параметрів циліндричного сита

Методика виконання роботи

Засвоїти методику розрахунку основних параметрів просіювальних машин;

Виконати індивідуальне завдання згідно обраного варіанту.

Зробити висновок по виконаному завданню.

Задача 2.1.

Визначити основні умови руху часточки продукту, що сепарується по нахиленому плоскому ситі, що коливається вздовж горизонтальної прямої, використовуючи вихідні дані (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Варіант №	α , град	r , м	φ , град
0	1,5	0,0025	17,0
1	2,0	0,003	17,5
2	3,0	0,0035	18,0
3	4,0	0,0045	19,0
4	4,5	0,005	19,5
5	5,0	0,0055	20,0
6	5,5	0,006	20,5
7	6,0	0,0065	21,0

8	2,5	0,007	21,5
9	3,5	0,004	18,5

Задача 2.2.

Визначити частоту обертання призматичного сита, що забезпечує початок ковзання продукту по ситовій поверхні, використовуючи дані табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Варіант №	г, м	α , град	β , град	f
0	0,25	55	5	0,50
1	0,31	45	7	0,51
2	0,39	47	9	0,46
3	0,41	57	11	0,47
4	0,43	49	13	0,47
5	0,35	59	15	0,49
6	0,29	63	17	0,52
7	0,27	61	19	0,53
8	0,33	51	21	0,54
9	0,37	53	23	0,55

Запитання до самостійного виконання:

1. З якою метою проводять калібрування, сортування та сепарацію сировини перед основними технологічними операціями?
2. За якими ознаками класифікують просіювальні машини у переробній промисловості?
3. У чому полягає різниця між плоскими та барабанными ситами за конструкцією ситової поверхні?
4. Які види руху сит застосовують у просіювальних машинах і як вони впливають на процес сепарації?

5. Які умови повинні виконуватися, щоб зернова маса ковзала по сити вгору і вниз, не відриваючись від нього?
6. Від яких параметрів залежить частота обертання кривошипного вала для початку ковзання продукту по сити?
7. Яке значення має радіус кривошипа r для різних культур і чому він відрізняється?
8. У чому полягає методика визначення частоти обертання призматичного сита для початку ковзання частинки продукту?
9. Як визначається частота обертання циліндричного сита для забезпечення руху продукту по його поверхні?
10. Які вихідні дані використовують під час виконання розрахункових задач для просіювальних машин і як вони впливають на результати?

Самостійна робота №3

Розрахункове визначення основних конструктивно-кінематичних параметрів чарункових сепараторів.

Мета роботи: засвоїти методику виконання розрахунків основних конструктивно-кінематичних параметрів циліндричних і дискових трієрів.

Загальні положення

Для розділення сипучих харчових продуктів на фракції, що відрізняються по довжині часток, на переробних підприємствах використовують трієри, які в залежності від конструкції поділяють на циліндричні та дискові.

Коли циліндр обертається в чарунки попадають окремі зерна, що при повороті разом з циліндром на деякий кут випадають (рис. 3.1.а), короткі зерна займають у чарунці більш стійке положення, ніж довгі, тому при обертанні циліндра 1 перші випадають з нього пізніше, попадають в жолоб 4 та виводяться з машини шнеком 3.

Довгі зерна ковзають по внутрішній поверхні циліндра вздовж його довжини внаслідок тиску зерна, що надходить до машини. Ступінь розділення зернової суміші на фракції по довжині залежить від рівня, на якому встановлена верхня грань 5 жолоба 4.

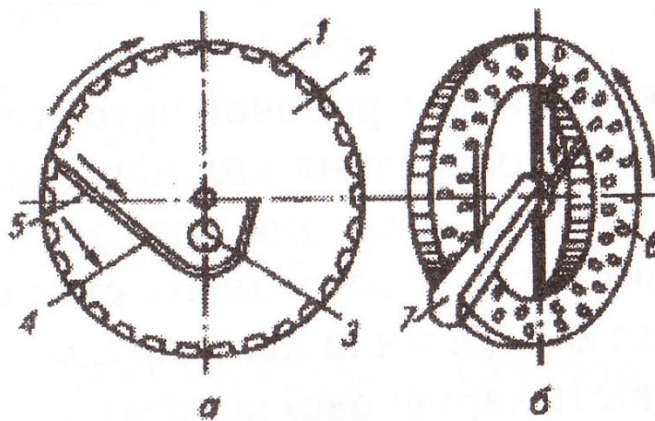


Рис. 3.1. Принцип дії трієрів:

а - циліндричного; б - дискового; 1 - циліндр; 2 - чарунки; 3 - шнек; 4 - жолоб; 5 - верхня грань жолоба; 6 - диск; 7 - жолобок.

1. Розрахунок параметрів циліндричних трієрів

1.1. Продуктивність циліндричного трієра, кг/год.

$$Q = q \cdot F,$$

де q - питоме навантаження на трієрну поверхню, кг/(год·м²); F - площа чарункової поверхні, м².

Значення питомого навантаження q [кг/(год·м²)] для різних культур наступні:

Операція	q
Очистка пшениці від домішок:	
коротких (куколю та ін.)	750-850
довгих (вівсюга та ін.)	550-650
Очистка вівса від коротких домішок	650-700
Очистка гречки від коротких та довгих домішок	650-750
Розділення продуктів лушення вівса	500-600
Відбір ломаних зерен з відробленого рису	700-750
Контроль відходів машин:	
куколевідбірних	300
вівсюговідбірних	200

1.2. Для перевірочних розрахунків продуктивність циліндричного трієра (кг/год) можна визначити, за наступною формулою:

$$Q = \frac{\varepsilon \cdot \pi \cdot D \cdot n_{\text{раб}} \cdot z \cdot \Delta \cdot L}{60a},$$

де ε - коефіцієнт використання робочої поверхні; D - діаметр циліндра, м; $n_{\text{раб}}$ - частота обертання циліндра, об/хв.; z - число чарунок на 1 м² поверхні;

Δ - середня маса зерна, що відбирається однією чарункою, кг; λ - осереднена степінь; α - подача дрібної фракції, кг/год.; L- довжина циліндру, м.

1.3. Колова швидкість чарункової поверхні, м/с.

$$V = \omega \cdot \frac{D}{2},$$

де ω - кутова швидкість циліндра, рад/с; D - внутрішній діаметр, м.

1.4. Кутова швидкість циліндра, рад/с.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{раб}}{30},$$

де $n_{раб}$ - робоча частота обертання циліндра, об/хв.

1.5. Робоча частота обертання циліндра, об/хв,:

$$n_{раб} = \theta \cdot n_{кр},$$

де θ - безрозмірний емпіричний коефіцієнт; $n_{кр}$ - критична частота обертання циліндра, об/хв.

1.6. Критична частота обертання циліндра, об/хв.:

$$n_{кр} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2g}{D}}.$$

2. Розрахунок параметрів дискових трієрів

2.1. Продуктивність дискового трієра, кг/год.

$$Q = 2\pi(R_1^2 - R_2^2)qz,$$

де q - питома навантаження на трієрну поверхню, кг/(год·м²); R₁, R₂ - радіуси диску за зовнішніми та внутрішніми чарунками, м; z - кількість дисків.

Значення питомого навантаження q [кг/(год·м²)] для різних культур наступні:

Операція	q
Очистка пшениці від домішок:	
коротких (куколю та ін.)	800-900
довгих (вівсюга та ін.)	650-700

2.2. Для перевірочних розрахунків продуктивність дискового трієра (кг/год) можна визначити, за наступною формулою:

$$Q = \frac{60}{a} z \cdot n_{\text{раб}} \cdot \Delta \cdot X_1 \cdot \varepsilon,$$

де q - коефіцієнт використання робочої поверхні; $n_{\text{раб}}$ - частота обертання дисків, об/хв.; z - кількість дисків; X_1 - число чарунок на одній стороні диска; Δ - середня маса зерна, що відбирається однією чарункою, кг; a - подача дрібної фракції, кг/год.

При очищенні зерна пшениці від коротких домішок $\varepsilon = 0,03-0,035$, при очищенні від довгих домішок $\varepsilon = 0,16-0,18$.

2.3. Число чарунок.

$$X_1 = \frac{\pi}{2} \left[1 - \left(\frac{D_в}{D_з} \right)^2 \right] \frac{D_з^2}{t_{\text{рад}}^2},$$

де $D_в$ - внутрішній діаметр, м; $D_з$ - зовнішній діаметр, м; $t_{\text{рад}}$ - радіальний крок, м.

У дискових трієрах, що випускаються серійно $D_в = 380$ мм, $D_з = 630$ мм. $D_з/D_в = 1,65$. На одному валу встановлюють від 12 до 30 дисків.

2.4. Кутова швидкість обертання диска, рад/с.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{раб}}}{30},$$

2.5. Робочу частоту обертання дисків прав, об/хв. визначають як:

$$n_{\text{кр}}^3 \succ n_{\text{раб}} \succ n_{\text{кр}}^6.$$

2.6. Критична частота мінімальна обертання диску, об/хв.

$$n_{\text{кр}}^6 = 30 \sqrt{\frac{2}{D_в} \left[\cos a - \frac{\sin a}{\sin \varphi} \cos(\beta + \varphi) \right]},$$

де a - кут випадання зернівок з чарунок, град; β - кут грані, град; φ - кут тертя, град.

2.7. Критична максимальна частота обертання дисків, об/хв.

$$n_{кр}^3 = 30 \sqrt{\frac{2}{D_3} \left[\frac{\sin a}{\sin \varphi} \cos(\beta + \varphi) + \cos a \right]}.$$

Методика виконання роботи

Засвоїти методику розрахунку основних конструктивно-кінематичних параметрів циліндричних і дискових трієрів;

Виконати індивідуальне завдання згідно обраного варіанту.

Зробити висновок по виконаному завданню.

Задача 3.1.

Визначити частоту обертання та кутову швидкість обертання диска трієра за даними табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Варіант №	R ₂ , м	α, град	β, град	φ, град
0	0,18	35	45	26
1	0,20	37	43	24
2	0,22	39	41	22
3	0,24	41	39	20
4	0,26	43	37	18
5	0,28	45	38	17
6	0,20	47	40	19
7	0,22	49	42	21
8	0,24	51	44	23
9	0,26	52	46	25

Задача 3.2.

Визначити робочу та критичну частоти обертання циліндру за даними табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Варіант №	V, м/с	r, м	φ, град
0	1,20	0,20	17,0
1	1,25	0,25	17,5
2	1,22	0,30	18,0
3	1,24	0,35	19,0
4	1,28	0,40	19,5
5	1,30	0,45	20,0
6	1,35	0,50	20,5
7	1,40	0,55	21,0
8	1,45	0,60	21,5
9	1,50	0,65	18,5

Запитання до самостійного виконання:

1. З якою метою у переробній промисловості застосовують трієри та за якою ознакою вони розділяють сипучі продукти?
2. У чому полягає принципова різниця між циліндричними та дисковими трієрами за конструкцією і принципом дії?
3. Поясніть механізм відбору коротких і довгих зерен у циліндричному трієрі.
4. Від яких параметрів залежить продуктивність циліндричного трієра за питомим навантаженням на чарункову поверхню?
5. Які величини враховуються у перевірочній формулі визначення продуктивності циліндричного трієра?
6. Як визначають колову та кутову швидкість чарункової поверхні циліндра і яке їх технологічне значення?
7. Що таке робоча та критична частота обертання циліндра трієра і як вони між собою пов'язані?
8. Від яких параметрів залежить продуктивність дискового трієра?

9. Як визначається кількість чарунок на дисках трієра і чому важливе співвідношення внутрішнього та зовнішнього діаметрів диска?

10. Які вихідні дані використовуються під час розрахунку робочої та критичної частот обертання диска і циліндра трієра?

Самостійна робота № 4.

Визначення основних конструктивно-кінематичних параметрів магнітних сепараторів.

Мета роботи: вивчити методику виконання розрахунку основних конструктивно-кінематичних параметрів стрічкових електромагнітних сепараторів.

Загальні положення

У зерновій суміші, що надходить на мукомельні та круп'яні заводи, а також в продуктах переробки зерна та в готовій продукції можуть знаходитись металоманітні домішки, які не можна виділити в сепараторах або трієрах.

Металоманітні домішки різноманітні за розмірами, формою та походженням: предмети, що випадково потрапили в зернову масу (цвяхи, частки металу, залізної руди і т. п.) та частки що потрапляють у продукт в результаті стирання робочих органів, виготовлених зі сталі (била, решета і т. п.). наявність таких домішок може призвести до іскроутворювання або пошкодження робочих органів машин особливо опасно та небажано потрапляння металоманітних домішок у готову продукцію. Тому вміст їх строго регламентується (не більше 3 мг/кг). Розмір окремих часток в найбільшому лінійному вимірюванні не повинен перевищувати 0,3 мм, а маса окремих крупинок руди або шлаку не повинна бути більше 0,4 мг.

В технологічному процесі переробки зерна передбачена установка магнітного захисту на мукомельних заводах після бункерів для неочищеного зерна та дозаторів, перед оббивними машинами та трієрами, другим етапом холодного кондиціонування та зволоженням, вальцьовими верстатами, та билевими машинами, а також на контролі готової продукції. На круп'яному заводі магнітний захист встановлюють перед трієрами, оббивними луцильними, шліфувальними та полірувальними машинами, а також на контролі готової продукції.

Магнітні установки перед оббивними та луцильними машинами для зерна, а також билевими та щітковими машинами в розмеленому відділенні

служать для уловлювання металомагнітних часток, що випадково потрапили у продукт та можуть пошкодити робочі органи цих машин або привести до іскроутворення. Магнітна установка перед вальцьовим верстатом повинна) забезпечувати повне виділення всіх металомагнітних часток, а на інших системах повинна повністю затримувати випадкові крупні металомагнітні частки та 80-90% дрібних металомагнітних часток, які утворюються в результаті стирання вальців попередніх систем.

1. Розрахунок параметрів магнітних сепараторів.

Основа робочого процесу магнітних сепараторів - різниця в магнітних властивостях зернових продуктів та домішок, ефективність виділення домішок, як відомо, залежить від сипкості продуктів, швидкості потоку, розмірів часток, що сепаруються, магнітної індукції та її градієнта в робочій зоні сепарування.

1.1 Силу при тяжіння магніту визначають за формулою

$$P = 4 \cdot 10^5 T^2 S,$$

де T - магнітна індукція, Тл; S - площа перерізу полюсу, м².

Ефективність вилучення металомагнітних домішок залежить від двох основних елементів процесу: при тяжіння металомагнітних часток до магнітного екрану та утримання їх у магнітному полі, тобто від здібності часток протистояти змиваючій силі потоку продукту. Ефективність виділення металомагнітних домішок визначають так само як і ефективність інших зерноочисних машин, тобто за вмістом домішок в зерні до та після очистки

1.2 Продуктивність магнітного сепаратора Q (т/год) залежить від товщини шару h (м), об'ємної маси γ (т/м³) та швидкості v (м/год.) продукту, а також від ширини робочої зони B (м) магнітного екрана

$$Q = h\gamma B.$$

Продуктивність стрічкового електромагнітного сепаратора, т/год:

$$Q = 3,6 \cdot B \cdot H \cdot V \cdot \gamma \cdot K.$$

де B - ширина шару матеріалу на поверхні стрічки, м; H - товщина шару матеріалу на стрічці, м; V - швидкість стрічки, м/с; γ - густина матеріалу, кг/м³; K - безрозмірний коефіцієнт заповнення.

1.3 Швидкість стрічки (м/с) можна знайти за формулою

$$V = \frac{Q}{3,6 \cdot B \cdot H \cdot \gamma \cdot K}.$$

1.4 Потрібна сила притягання металоманітної частинки до поверхні барабану, Н.

$$P_q = M \left(9,81 \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\sin \varphi} + \omega^2 \cdot R \right),$$

де M - маса металоманітної частинки, кг; α - кут розташування металоманітної частинки, фад ($\alpha = 90 - \varphi$); φ - кут тертя металоманітної частки об поверхню стрічки, град; ω - кутова швидкість барабана, рад/с; R - радіус електромагнітного барабана, м.

1.5 Кутова швидкість барабана, рад/с.

$$\omega = \frac{2 \cdot V_n}{D}$$

де D - діаметр барабану, м.

Методика виконання роботи

Засвоїти методику розрахунку основних конструктивно-кінематичних параметрів стрічкових електромагнітних сепараторів;

Виконати індивідуальне завдання згідно обраного варіанту. Зробити висновок по виконаному завданню.

Задача 4.1.

Розрахувати потрібну силу притягання металоманітної частки до барабану за даними табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Варіант №	$R, м$	$\omega, рад/с$	$M, кг$	$\varphi, град$
0	0,18	2,3	0,012	7,2
1	0,19	4,2	0,016	7,4
2	0,20	2,3	0,018	7,6
3	0,21	4,2	0,020	7,8
4	0,22	2,3	0,022	8,0
5	0,18	4,2	0,016	8,2
6	0,19	2,3	0,017	8,4
7	0,20	4,2	0,015	8,6
8	0,21	2,3	0,011	8,8
9	0,22	4,2	0,013	9,0

Запитання до самостійного виконання:

1. Яке призначення магнітних сепараторів у технологічних лініях мукомельних і круп'яних заводів?
2. Які види металомагнітних домішок можуть міститися у зерновій масі та продуктах її переробки?
3. Де саме у технологічній схемі переробки зерна встановлюють магнітний захист і чому?
4. Які гранично допустимі норми вмісту металомагнітних домішок у готовій продукції?
5. Від яких факторів залежить ефективність вилучення металомагнітних часток магнітним сепаратором?
6. За якою формулою визначають силу притягання магніту та які параметри на неї впливають?
7. Від яких величин залежить продуктивність стрічкового електромагнітного сепаратора?
8. Як визначається швидкість руху стрічки та як вона впливає на процес сепарації?
9. Які сили діють на металомагнітну частинку під час її утримання на поверхні барабана?

10. Як визначається кутова швидкість обертання барабана та її вплив на надійність вилучення домішок?

Самостійна робота № 5.

Визначення основних конструктивно-кінематичних параметрів оббивних машин.

Мета роботи: вивчити методику виконання розрахунку основних конструктивно-кінематичних параметрів оббивних машин.

Загальні положення

Для обробки поверхового шару зерна на мукомельних заводах використовують оббивні машини. Технологічний процес при сортових помелах включає не менше двох пропусків (проходів) зерна через ці машини. Оббивні машини використовують також на круп'яних заводах для знімання квіткових оболонок з ячменю та вівса, та комбікормових заводах для лущення в лініях підготовки ячменю.

1. Розрахунок параметрів оббивних машин.

До основних розрахункових параметрів оббивних машин відносять: продуктивність, колову швидкість билового барабану, розміри циліндру (діаметр та довжину) та необхідну потужність електродвигуна.

1.1 Продуктивність оббивної машини (т/год.) визначають за формулою:

$$Q = K \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot q$$

де K - коефіцієнт, що враховує розміри робочої поверхні циліндру, $K = 0,8 \dots 0,95$; D - діаметр циліндру, м; q - питома зернове навантаження, т/(год·м²); L - довжина робочої частини циліндра, м.

Питома навантаження залежить від особливостей культури, що обробляється, режиму роботи машини, типу билового барабану та матеріалу циліндричної обичайки. При обробці пшениці рекомендують наступні питомі навантаження [т/(год·м²)].

В машинах з металотканою поверхнею:

вертикальних	1,5...3,0
горизонтальних	5,0...8,0

В горизонтальних машинах:

з абразивною (наждачною) поверхнею	1,0.. 1,2
------------------------------------	-----------

зі сталюю поверхнею

4,0...4,5

1.2 Необхідну потужність N (кВт) електродвигуна оббивальної машини розраховують за формулою

$$N = Qn,$$

де Q - потужність, т/год; n - питомі витрати електроенергії, кВтгод/т.

Значення питомих витрат електроенергії залежить від культури, що переробляється і складає 0,5...1,2 кВтгод./т для пшениці та 0,4...1,5 кВтгод./т для жита.

Обробка зерна в оббивних машинах ефективна, якщо зниження зольності складає не менше 0,03% та кількість битих зерен збільшується не більш ніж на 1%. Коефіцієнт зниження зольності визначають за формулою

$$\eta = z_1 - z_2,$$

де z_1 та z_2 - зольність зерна відповідно до та після машини. Зольність зерна (%) визначають за формулою

$$z = \frac{100m}{q(1000 - w)}$$

де m - абсолютна маса золи, г; q - маса наважки, г; w - вологість зерна, %.

Методика виконання роботи

Засвоїти методику розрахунку основних конструктивно-кінематичних параметрів оббивних машин;

Виконати індивідуальне завдання згідно обраного варіанту. Зробити висновок по виконаному завданню.

Задача 5.1.

Користуючись даними табл. 5.1., розрахувати необхідну потужність електродвигуна горизонтальної оббивної машини з металотканою поверхнею, яка встановлена в зерноочисному відділенні мукомельного заводу, що виробляє пшеничну муку.

Таблиця 5.1

Варіант №	D , м	l , м	q , [т/(год-м ²)]
0	0,30	0,635	8,0
1	0,40	0,800	6,5
2	0,35	0,950	5,0
3	0,50	1,000	7,0
4	0,45	1,250	5,5
5	0,60	0,755	7,5
6	0,35	1,400	5,0
7	0,50	0,900	7,0
8	0,30	1,500	6,0
9	0,40	1,100	6,5

Запитання до самостійного виконання:

1. Яке призначення оббивних машин у технологічному процесі підготовки зерна до помелу та лушення?
2. У чому полягає сутність процесу обробки поверхневого шару зерна в оббивних машинах?
3. Які культури, окрім пшениці, обробляють в оббивних машинах на круп'яних і комбікормових заводах?
4. Які основні конструктивно-кінематичні параметри характеризують роботу оббивної машини?
5. Від яких факторів залежить питома зернове навантаження на робочу поверхню циліндра?
6. Як тип поверхні циліндра (металоткана, абразивна, сталева) впливає на режим роботи та продуктивність машини?

Самостійна робота № 6

Визначення основних конструктивно-кінематичних параметрів вальцьових верстатів та молоткових дробарок.

Мета роботи: засвоїти методику виконання розрахунку конструктивно-кінематичних параметрів вальцьових верстатів та молоткових дробарок.

Загальні положення

Вальцьові верстати призначені для здрібнення зерна та проміжних продуктів злакових культур на мукомельних та круп'яних підприємствах. Здрібнення відбувається у клиновидному просторі, утвореному поверхнями двох циліндричних паралельних вальців, які обертаються з різними швидкостями на зустріч один одному. Зерно здрібнюється в результаті деформації стискання та зсуву.

1. Розрахунок параметрів вальцьових верстатів.

Робота вальцьових верстатів характеризується продуктивністю, ступенем здрібнення зерна та витратами електроенергії на розмел.

1.1. Мінімальний діаметр вальців, м:

$$D_{\min} = 10^{-3} \frac{d(K - \sqrt{1 + f^2})}{K(\sqrt{1 + f^2} - 1)},$$

де d - середнє значення розмірів частин матеріалу до здрібнення, мм;
 K - безрозмірний коефіцієнт, що враховує ступінь здрібнення; f - коефіцієнт тертя матеріалу о поверхню, $f = 0,3 \dots 0,35$.

1.2. Коефіцієнт здрібнення.

$$K = \frac{d}{b},$$

де b - середній розмір частинки після здрібнення, мм.

1.3. Продуктивність вальцьового верстату, кг/год:

$$Q = 3.6 \cdot 10^{-3} \cdot b \cdot L \cdot V_{np} \cdot \rho \cdot \varepsilon,$$

де b - зазор між вальцями, мм; L - довжина вальця, мм; V_{np} - швидкість проходження продукту, що здрібнюється, м/с; ρ - об'ємна маса продукту,

що здрібнюється, кг/м^3 ; ε - безрозмірний коефіцієнт корисного використання зони здрібнення, $\varepsilon = 0,8 \dots 0,95$.

1.4. Швидкість продукту в робочій зоні, м/с

$$V_{np} = \frac{V_{ш} + V_n}{2},$$

де $V_{ш}$ V_n - колова швидкість вальців, що швидко і повільно обертаються, м/с.

1.5. Частота обертання вальця, що швидко обертається, об/хв.:

$$n_{ш} = \frac{60 \cdot V_{ш}}{\pi \cdot D},$$

де D - діаметр вальця, м.

Зазор між вальцями при здрібненні різних продуктів на різних системах коливається і порівняно широким межах (від 0,05 до 1 мм). Його встановлюють в залежності від ступеню здрібнення зерна, яку на практиці прийнято оцінювати вилученням, тобто кількістю продукту (%), який просіявся через сито визначеного номеру.

На практиці для визначення потужності пари вальців асто використовують спрощену залежність $Q = q \cdot L$, q - питома навантаження на вальці, $\text{кг}/(\text{год} \cdot \text{см})$; L - довжина вальця.

2. Розрахунок параметрів молоткових дробарок.

Молоткові дробарки застосовуються для отримання відносно дрібного і однорідного продукту без послідуочого застосування сортувальних пристроїв. Вони ефективні при подрібненні крихких продуктів (зерно, сіль, цукор та ін).

Продукт у молоткових дробарках подрібнюється ударами молотків по частинах матеріалу, ударами частинок об корпус дробарки і при перетиранні частинок.

Найширше використання отримали дробарки з вільнопідвішеними молотками.

В дробарці первинне руйнування продукту відбувається при зустрічі частинки з молотками. Це можливо при коловій швидкості молотків,

мінімальне значення якої визначається виходячи з закону кількості руху і приймаючи початкову швидкість руху частинки перед зіткненням її з молотком рівною нулю. Вона визначається з виразу:

$$v_{\min} = \frac{P \cdot \tau}{m},$$

де P - середня миттєва сила опору руйнування частинки при ударі молотка, Н; τ - тривалість удару молотка по частинці, с; m - маса частинки, кг.

При конструюванні молоткових дробарок з великими коловими швидкостями робочих органів необхідно враховувати інерційні сили, які виникають із-за невірноваженості ротора. Найбільш сильні удари відбуваються при зустрічі частинок з кінцями молотків, коли вони займають найвище положення. Ці удари молотків передаються на всю дробарку і швидко виводять її з ладу.

Для зниження ударних дій на дробарку молотки повинні бути врівноважені на удар. Це досягається при умові відсутності або незначній ударній реакції в осі підвіски молотків.

Розрахункова схема елементів молоткової дробарки показана на рис. 6.1.

Виходячи з умови рівноваги молотка і закону кількості руху в момент удару, визначено, що молоток забезпечує безударну роботу при дотриманні наступного рівняння його конструктивних розмірів:

$$r^2 = l \cdot c,$$

де r - радіус інерції молотка відносно осі підвіски, м; l - відстань від осі отвору молотка до його робочого кінця, м; c - відстань між центром ваги молотка і віссю його отвору, м.

Для прямокутного молотка з одним отвором квадрат радіуса інерції відносно центра ваги:

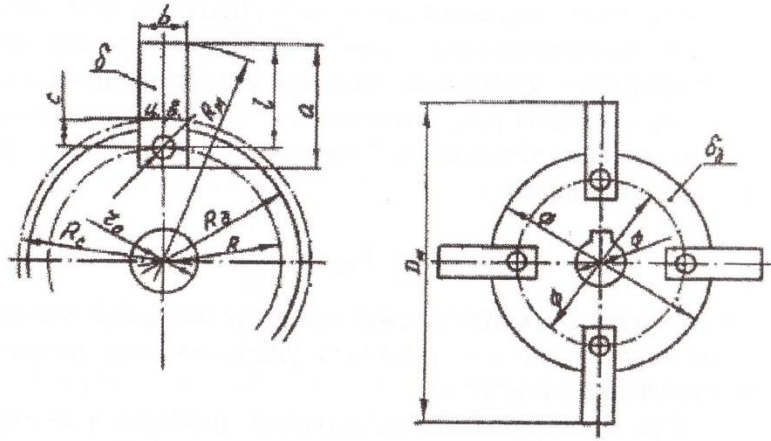


Рис. 6.1. Розрахункова схема елементів молоткової дробарки.

$$r^2 = \frac{a^2 + b^2}{12},$$

і відносно осі підвіски:

$$r^2 = r_c^2 + c^2,$$

де a і b - довжина і ширина молотка, м.

Приймаючи, що точка прикладання удару знаходиться на кінці молотка, отримаємо залежність:

$$l = c + 0,5,$$

Відстань від осі підвіски молотка до центра його ваги повинна дорівнювати:

$$c = \frac{a^2 + b^2}{6 \cdot a},$$

Для стійкості роботи молоткових дробарок рекомендується, щоб відстані від осі підвіски молотка до його зовнішньої кромки і до осі ротора не були б рівні, або досить близькі.

Вал ротора, на якому кріпляться диски з проміжними кільцями, виконується ступеневим. Перша ступінь – під шків, друга - під підшипник, третя - різьбова і четверта - під диски і кільця.

Збільшення діаметра вала посту пенях орієнтовно враховується коефіцієнтом 1,2

$$d = 1.2^n d_b,$$

де d_b - діаметр вала в небезпечному розмірі, м, n - кількість ступенів.

Враховуючи, що вал в першому наближенні буде сприймати зміни навантаження і незначні згинаючі моменти, його діаметр визначається за формулою:

$$d_b = 0.052 \sqrt[3]{\frac{N}{\omega}},$$

де N - потужність, що передається валом, кВт; ω - кутова швидкість вала, рад/с.

Продуктивність молоткових дробарок розраховується за формулою:

$$G = 3600 \cdot k_1 \cdot D_\delta^2 \cdot L_p \cdot \rho \cdot n$$

де k_1 - коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості матеріалу і тип та розміри отворів решітки і приймається $k_1=(1,3-5-1,7)-10$ - для сит з розміром отворів від 3 до 10 мм.

$$D_\delta^2 = 2\pi R_\delta - \text{діаметр диска, м;}$$

$$L_p = (0,32 / 0,62) D_\delta - \text{довжина ротора, м;}$$

$$n = \frac{V}{2\pi R_\delta} - \text{частота обертання ротора, об/с;}$$

R_δ - радіус диска, м.

Потужність електродвигуна приводу молоткової дробарки вираховується за формулою:

$$N = 9D_\delta^2 \cdot L_p \cdot n$$

Методика виконання роботи

Засвоїти методику розрахунку основних конструктивно-кінематичних вальцьових верстатів та молоткових дробарок; Виконати індивідуальне завдання згідно обраного варіанту. Зробити висновок по виконаному завданню.

Задача 6.1.

Визначити продуктивність вальцьового верстату та мінімальний діаметр вальців, використовуючи дані табл. 6.1. та враховуючи, що $V_{ш} = 5,5$ м/с, $V_n = 3,5$ м/с, $L = 1000$ мм.

Таблиця 6.1

Варіант №	b , мм	ρ , кг/м ³	d мм	f
0	0,28	775	6,0	0,30
1	0,29	700	6,2	0,35
2	0,20	680	7,3	0,31
3	0,21	820	8,0	0,33
4	0,22	750	6,5	0,32
5	0,30	800	7,7	0,35
6	0,29	720	6,8	0,31
7	0,20	690	7,5	0,30
8	0,21	830	6,7	0,32
9	0,22	790	7,9	0,34

Задача 6.2.

Розрахувати основні параметри робочих органів молоткової дробарки, використовуючи дані табл. 6.2. та враховуючи, що $b = 0,04$ м.

Таблиця 6.2

Варіант №	$m \cdot 10^5$, кг	$\tau \cdot 10^5$, с	P , Н	a , м
0	3,0	1,0	120	0,100
1	2,8	0,8	150	0,120
2	3,2	1,2	130	0,115
3	2,6	0,6	120	0,105
4	2,8	1,0	140	0,112
5	2,4	0,8	150	0,090
6	3,2	0,6	120	0,095
7	2,6	1,0	130	0,100
8	3,0	0,6	120	0,120
9	2,4	1,2	140	0,115

Запитання до самостійного виконання:

1. У чому полягає принцип здрібнення зерна у вальцьових верстатах та які види деформацій при цьому виникають?

2. Які основні параметри характеризують роботу вальцьового верстата?
3. Від яких факторів залежить мінімально допустимий діаметр вальців?
4. Що таке коефіцієнт здрібнення та як його визначають?
5. Які величини впливають на продуктивність вальцьового верстата?
6. Як зазор між вальцями впливає на ступінь здрібнення продукту?
7. Чому вальці обертаються з різними коловими швидкостями та як це впливає на процес подрібнення?
8. Яке призначення молоткових дробарок у технологічних лініях переробки зерна?
9. За рахунок яких механізмів відбувається подрібнення матеріалу у молотковій дробарці?
10. Якою має бути мінімальна колова швидкість молотків для ефективного руйнування частинок?
11. Чому важливо забезпечити врівноваженість молотків під час роботи дробарки?
12. Які геометричні параметри молотка впливають на безударну роботу дробарки?
13. Як визначають радіус інерції молотка відносно осі підвіски?
14. Які вимоги ставляться до розташування центра ваги молотка відносно осі підвіски?
15. Чому небажано, щоб відстані від осі підвіски до кромки молотка та до осі ротора були однаковими?
16. Які особливості конструкції вала ротора молоткової дробарки?
17. Як орієнтовно враховується збільшення діаметра вала по ступенях?
18. Від яких параметрів залежить продуктивність молоткової дробарки?

19. Як визначають необхідну потужність електродвигуна приводу молоткової дробарки?

20. У чому полягають відмінності у принципі роботи та призначенні вальцьових верстатів і молоткових дробарок?

Самостійна робота № 7

Визначення основних конструктивно-кінематичних параметрів дозаторів.

Мета роботи: засвоїти методику виконання розрахунку основних конструктивно-кінематичних параметрів дозаторів.

Загальні положення

У переробній промисловості велике значення має процес відмірювання визначених порцій (дозування) сировини, допоміжних матеріалів, готової продукції.

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

Дозуючі пристрої повинні бути пристосовані до регулювання, зміни режиму роботи та забезпечувати при цьому надійне та точне дозування.

Дозування може бути безперервним та порційним. Останній вид дозування використовується при фасувальних операціях.

За принципом дозування всі дозуючі пристрої поділяють на об'ємні та вагові. При ваговому дозуванні погрішність звичайно складає в середньому 0,1%, а при об'ємному - 2...3%.

Для дозування сипких продуктів використовують об'ємні та вагові дозатори, порційні та безперервного дозування.

Для виготовлення сумішей із сипких продуктів, як правило використовують в залежності від конструкції робочого органу об'ємні дозатори - барабанні, тарільчасті, шнекові, мірні ємності та вагові - бункерні.

1. Розрахунок параметрів дозаторів.

1.1. **Барабанні дозатори** (рис. 7.1) використовують двох типів: з циліндричними або граненими барабанами та секторні (чарункові або лопатеві). Циліндричні гладкі та дрібнорифлені барабани використовують для порошкових та дрібнозернистих матеріалів, для дрібних та середньо кускових - в основному гранені барабани.

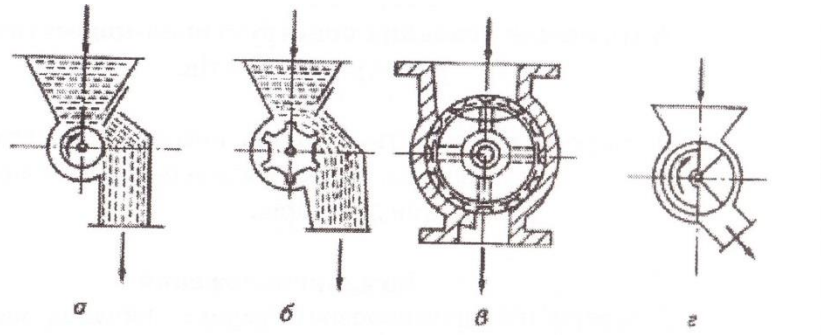


Рис. 7.1. Барабанні дозатори:

а - циліндричний; *б* - гранений; *в* - чарунковий; *г* - лопатевий.

Колова швидкість v барабанів складає 0,025... 1 м/с. Такі дозатори звичайно встановлюють під бункерами.

Продуктивність барабанного дозатора, кг/с:

$$Q_{\bar{o}} = F \cdot l \cdot z \cdot n_{\bar{o}} \cdot \rho \cdot \varphi,$$

де F - площа поперечного перерізу одного карману (жолоба, чарунки і т. д.), м²; l - довжина робочої частини жолоба, м; z - число жолобів на барабані; $n_{\bar{o}}$ - частота обертання барабану, об/с; ρ - густина продукту, що дозується, кг/м³; φ безрозмірний коефіцієнт заповнення жолобів, $\varphi = 0,8...0,9$.

Для циліндричного барабану

$$Q_{\bar{o}} = \pi D h \cdot l \cdot z \cdot n_{\bar{o}} \cdot \rho \cdot \varphi,$$

де D - діаметр барабану, м; h - товщина шару матеріалу, що захоплюється барабаном, м.

Частота обертання барабану, об/с,

$$n_{\bar{o}} = \frac{\alpha}{360} n_{\bar{v}},$$

де α - кут повороту барабана за один оберт привідного валу, град.; $n_{\bar{v}}$ - частота обертання привідного валу, об/с.

Якщо $\alpha = 360^\circ$, то $n_{\bar{o}} = n_{\bar{v}}$; якщо $\alpha < 360^\circ$, то $n_{\bar{o}} < n_{\bar{v}}$. Потужність, необхідна на привід барабану, кВт,

$$N = \frac{P v k_1 k_2}{m g \rho},$$

де P - сила для здолання опору обертанню барабана на холостому ході та опору внутрішнього тертя, Н; k_1 - коефіцієнт, що враховує опір подрібненню ($k_1 = 2$); k_2 - коефіцієнт, що враховує втрати потужності, які обумовлені здоланням шкідливих опорів ($k_2 = 1,1..1,25$).

Встановлена потужність двигуна, кВт,

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{\eta_n \eta_{\text{дв}}},$$

де η_n - ККД передачі $\eta_{\text{дв}}$ - ККД двигуна.

1.2. Тарільчасті (дискові) дозатори (мікродозатори) (рис. 7.2) використовують при дозуванні сухих сипких добавок.

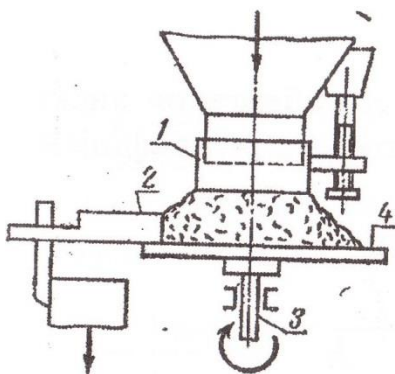


Рис. 7.2. Тарільчастий дозатор:

1- манжета; 2 — скребок; 3 - вал; 4 - диск.

Матеріал із бункера надходить на диск, що обертається, з якого скидається скребком. Товщина шару на диску регулюється манжетою, що обмежує вихід матеріалу на диск. За кожний оберт диску з нього знімається порція матеріалу. Продуктивність дозатора, кг/с,

$$Q_m = V_0 \cdot n \cdot \rho,$$

де V_0 - об'єм матеріалу, що знімається за один оберт тарілки (диска), м³; n - частота обертання тарілки, об/с.

Максимальний об'єм матеріалу, що знімається за один оберт, м³,

$$V_0 = 2\pi \cdot R_0 \cdot F_0,$$

де R_0 - відстань між центром тяжіння радіального перерізу кільця та віссю обертання, м; F_0 - площа поперечного перерізу кільцевого шару, м².

$$R_0 = R + \frac{h}{3 \operatorname{tg} \varphi_c},$$

де R - радіус манжети, м; h - висота підйому, манжети над тарілкою, м; φ_c - кут природнього відкосу матеріалу в русі, град.

$$F_0 = \frac{h^2}{2tg\varphi_c},$$

Підставивши значення R_0 та F_0 отримаємо

$$Q = \frac{\pi \cdot h^2 \cdot \rho \cdot n}{tg\varphi_c} \left(R + \frac{h}{3tg\varphi_c} \right).$$

Критична частота обертання тарілки визначається з умови, при якій відцентрова сила, що діє на частинки матеріалу, менше сили їх тертя об диск, тобто

$$m\omega^2 R_1 < fmg,$$

де m - маса часток, кг; ω - кутова швидкість обертання диска, об/с; R_1 - найбільший радіус обертання часток, м; f - коефіцієнт тертя часток об тарілку.

Враховуючи, що $\pi^2 \approx g$, можна записати

$$n < 30 \sqrt{\frac{f}{R_1}} = 30 \sqrt{\frac{f}{R + \frac{h}{3tg\varphi_c}}}.$$

Для визначення потужності, що необхідна для приводу тарільчастого дозатора, необхідно враховувати опір: від тертя продукту о поверхню тарілки та скребка; подрібнення продукту скребком; скручування стовпа продукту, що опускається з воронки дозатора.

Для тарільчастого дозатора наближено потужність привода, кВт,

$$N = \frac{N_1}{\eta} (1 + f_2 \cos \beta) k,$$

де N_1 - потужність, що необхідна для здолання сил опору від тертя матеріалу о тарілку, кВт;

$$N_1 = \frac{Pv_m}{102},$$

де v_m - швидкість матеріалу, що скидається з диску, м/с; P - сила тертя, Н; β - кут встановлення скребка відносно площини перерізу кільця

матеріалу; η - ККД привідного механізму дозатора; f_2 - коефіцієнт тертя матеріалу о скребок; k - коефіцієнт, що враховує інші шкідливі опори ($k = 1,5...2,0$).

Сила тертя, що виникає при русі матеріалу по тарілці, Н,

$$P = F_0 \cdot L \cdot \rho \cdot g \cdot f_1,$$

де L - шлях переміщення матеріалу, м; f_1 - коефіцієнт тертя матеріалу об диск.

Швидкість руху матеріалу

$$v_m = \frac{2\pi R_0 n}{60}.$$

1.3. Шнекові дозатори (рис. 7.3) використовують для подачі зернистих, дрібношматкових та порошкоподібних матеріалів у тих випадках, коли можливе здрібнення окремих часток не має значення. Продуктивність регулюють, головним чином, зміною частоти обертання шнеку. Такі дозатори можна встановлювати горизонтально, під визначеним кутом та вертикально.

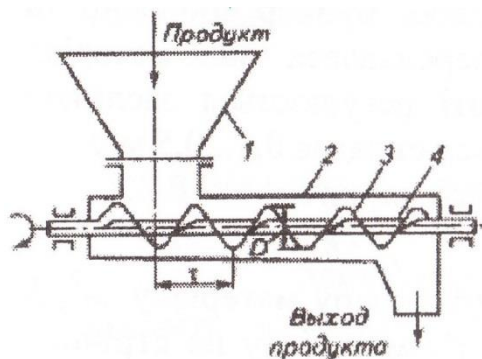


Рис. 7.3. Горизонтальний шнековий дозатор:

1 - приймальний пристрій; 2 - корпус;

3 - шнек; 4 - вал.

Продуктивність шнекового дозатора, кг/год:

$$Q_{ш} = 47 \cdot D^2 \cdot t \cdot k \cdot n \cdot \rho,$$

де D - діаметр шнека, м; t - крок гвинтової поверхні шнека, м, $t = (0,8...1) D$; k - безрозмірний коефіцієнт заповнення; n - частота обертання вала шнека (для легкосіпких матеріалів $n = 0,66... 1,3$ об/с, для важкосіпких - $n = 0,66...1,3$ об/с); ρ - густина продукту, що дозується, кг/м³.

Для запобігання забивання шнека при роботі з шматковим матеріалом рекомендується витримувати співвідношення $D \geq (4...5) D_k$, де D_k - максимальний розмір шматка.

Потрібна потужність двигуна, кВт,

$$N = \frac{Q}{367 \cdot 10^3 \eta} (L_2 w + H) k_1,$$

де η - ККД привода; L_2 - горизонтальна проекція шляху переміщення, м; H - висота підйому продукту, м; w - коефіцієнт опору переміщенню матеріалу (для муки $w = 2,5$; повареної солі, соди, цукру - $w = 2,5$; для кускового матеріалу – $w = 4$); k_1 - коефіцієнт, що враховує втрати на тертя у підшипниках ($k_1 = 1,1 \dots 1,2$).

1.4. *Стрічкові дозатори* (рис. 7.4) використовують для подачі та дозування сипких, поганосипких, а також вологих матеріалів, що злежуються. Вони можуть встановлюватись горизонтально або під кутом.

Верхня частина стрічки лежить на опірних роликах або ковзає по нерухомому металічному настилу. Вздовж стрічки встановлюють борти, які складають жолоб. Бункер зроблено так, щоб на стрічку безпосередньо не передавався тиск матеріалу. Шар матеріалу на стрічці по висоті регулюється заслінкою. Швидкість стрічки, що рекомендується складає $0,1 \dots 0,5$ м/с.

Продуктивність стрічкового дозатора, кг/с:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \rho \cdot k,$$

де $F = bh$ - площа поперечного перерізу шару матеріалу, m^2 ; b - ширина стрічки, м; h - товщина шару матеріалу на стрічці, м; v - швидкість стрічки, м/с; k - безрозмірний коефіцієнт заповнення жолоба, $k = 0,75 \dots 0,8$.

Необхідна потужність на привідному барабані, кВт,

$$N = N_1 + N_2,$$

де N_1 - витрати потужності на подачу матеріалу, кВт; N_2 - витрати потужності на подолання тертя матеріалу об стінки жолоба, кВт.

$$N_1 = \frac{Q}{367 \cdot 10^3} (0,2L + H) k_1, 1$$

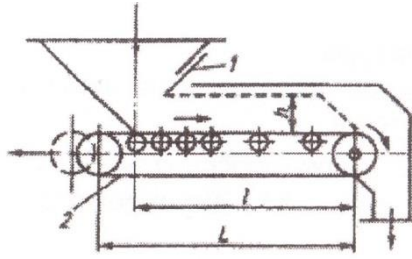


Рис. 7.4. Стрічковий дозатор:

1 – заслінка; 2 – стрічка транспортера.

де L - довжина дозатора між віссю

привідного та натяжного барабанів, м;

H - висота підйому продукту, м; k_1 - коефіцієнт, що враховує опір барабанів, перегин стрічки і т. п., $k_1 = 1,2$.

$$N_2 = \frac{Pv}{102} = 0,01h^2 \cdot l \cdot \rho \cdot f \cdot k_n v g,$$

де l - довжина бортів, м; P - тягове зусилля для подолання опору тертю, Н; k_n - коефіцієнт рухомості матеріалу (із посібника); f - коефіцієнт тертя матеріалу об борти.

Тягове зусилля

$$P = p_n \cdot h \cdot l \cdot f,$$

де $p_n = hvk_n$ - нормальний тиск на борти, Па.

Встановлена потужність електродвигуна

$$N = \frac{N'}{\eta} k_\tau,$$

де η - ККД приводу; k_τ - коефіцієнт, що враховує витрати на тертя, $k_\tau = 1,1$.

Методика виконання роботи Засвоїти методику розрахунку основних конструктивно-кінематичних параметрів дозаторів;

Виконати індивідуальне завдання видане викладачем; Зробити висновок по виконаному завданню.

Запитання до самостійного виконання:

1. Яке призначення процесу дозування у переробній промисловості та які вимоги ставляться до точності дозаторів?

2. У чому полягає різниця між безперервним та порційним дозуванням?
3. Чим відрізняються об'ємні дозатори від вагових за принципом роботи та точністю?
4. Які типи барабанних дозаторів застосовують для сипких матеріалів і від чого залежить їх вибір?
5. Від яких параметрів залежить продуктивність барабанного дозатора?
6. Як визначається частота обертання барабана та від чого вона залежить?
7. Які сили враховують при визначенні потужності приводу барабанного дозатора?
8. Для яких матеріалів доцільно використовувати тарільчасті (дискові) дозатори?
9. Від яких геометричних параметрів залежить об'єм матеріалу, що знімається з диска за один оберт?
10. Що таке критична частота обертання тарілки та якою умовою вона визначається?
11. Які види опорів враховують при розрахунку потужності приводу тарільчастого дозатора?
12. У яких випадках доцільно застосовувати шнекові дозатори?
13. Від яких параметрів залежить продуктивність шнекового дозатора?
14. Яке співвідношення між діаметром шнека та максимальним розміром шматка матеріалу необхідно дотримуватися?
15. Які фактори враховують при визначенні потужності приводу шнекового дозатора?
16. Для яких матеріалів застосовують стрічкові дозатори?
17. Від яких параметрів залежить продуктивність стрічкового дозатора?

18. Які складові враховують при визначенні потужності приводу стрічкового дозатора?
19. Яку роль відіграють коефіцієнти заповнення у розрахунках продуктивності дозаторів?
20. Які переваги та недоліки мають різні типи дозаторів при роботі з сипкими матеріалами?

Перелік рекомендованої літератури

1. Артамонова М. В., Степанькова С. Г. Проектування хлібопекарських підприємств : навчальний посібник. Харків : ДБТУ, 2024. 123 с.
2. Артамонова М. В., Шидакова-Каменюка О. Г. Технологічні розрахунки та контроль безпеки у хлібопекарському, макаронному, кондитерському та харчоконцентратному виробництві : навчальний посібник. Харків : ДБТУ, 2022. 173 с.
3. Вотченікова О. В., Лойко Д. П., Удовіченко О. П. Управління якістю. Київ : Магнолія, 2024. 336с.
4. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур : монографія / В. А. Мазур, І. В. Гончарук, І. М. Дідур та ін. Вінниця, 2021. 180 с.
5. Конструкції і розрахунки машин та апаратів переробних виробництв : підручник / В. С. Бойко, К. О. Самойчук, В. Г. Тарасенко та ін. Мелітополь, 2021. 308 с.
6. Обладнання складів. Зберігання зерна і зернопродуктів : навч. посіб. / В. Ф. Ялпачик, Н. П. Загорко, О. Г. Скляр та ін. Мелітополь : Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2018. 293 с.
7. Петров В. М. Розрахунки технологічного обладнання зернових виробництв : навч. посіб. Одеса : ОНТУ, 2024. 182 с.
8. Подпряттов Г. І., Бобер А. В. Післязбиральна доробка та зберігання продукції рослинництва : навчальний посібник. Київ : НУБіП України, 2024. 650 с.
9. Подпряттов Г. І., Бобер А. В., Гунько С. М. Переробка продукції рослинництва : навчальний посібник. Київ : НУБіП України, 2023. 580 с.
10. Подпряттов Г. І., Бобер А. В., Ящук Н. О. Технохімічний контроль продукції рослинництва : навчальний посібник. Київ : ЦП «Компринт», 2020. 791 с.

11. Подпратов Г.І., Завадська О.В., Бобер А.В., Ящук Н.О. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва : підручник. Київ : ФОП Ямчинський О.В., 2023. 844 с

12. Станкевич Г. М., Страхова Т. В., Борта А. В. Сушіння зерна : підручник. 2-ге вид., перероб і допов. Одеса : КП ОМД, 2021. 248 с.

13. Харчові технології. Практикум: навчальний посібник / О. В. Самохвалова, М. В. Артамонова, Г. В. Степанькова, К. Р. Касабова. Харків : ДБТУ, 2023. 417 с.

14. Якість та облік зерна за приймання, оброблення і зберігання зерна : навчальний посібник / Н. М. Осокіна та ін. Умань, 2021. 455 с.

Навчальне видання

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПСГП

методичні рекомендації

Укладачі: **Горбенко** Олена Андріївна
Храмов Микита Сергійович

Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 3,56.
Тираж 20 прим. Зам. № __.

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.